

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

E.A.P. DE INGENIERÍA TEXTIL Y CONFECCIONES

**Mejora de procesos en una empresa textil exportadora
mediante la metodología Six Sigma**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Textil y
Confecciones

AUTOR

Geraldine Edith FACHO RIOS

ASESOR

Daniel Humberto MAVILA HINOJOSA

Lima - Perú

2017

DEDICATORIAS

*A Dios, por el don de la vida
y por su divina misericordia.*

*A Carlos y a Delia, mis padres,
por su apoyo constante
y su amor incondicional.*

*A Solange y a Jesús, por ser la
alegría de mi vida.*

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	07
ÍNDICE DE TABLAS	10
INTRODUCCIÓN	12
RESUMEN	13
 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	 14
1.1. Situación problemática.....	14
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Justificación de la investigación.....	16
1.4. Objetivos de la investigación	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
1.5. Hipótesis de la investigación.....	17
1.5.1. Hipótesis general	17
1.5.2. Hipótesis específicas	18
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	 19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Definición de proceso.....	23
2.2.2. Definición de calidad.....	24
2.2.3. Costos de calidad.....	26

2.2.4. Mejora continua de los procesos	28
2.2.5. El ciclo de mejora continua PHVA	28
2.2.6. La metodología Six Sigma	30
2.2.6.1. Definición	32
2.2.6.2. Características de la metodología	32
2.2.6.3. Etapa DEFINIR (D)	36
2.2.6.4. Etapa MEDIR (M)	37
2.2.6.5. Etapa ANALIZAR (A)	38
2.2.6.6. Etapa MEJORAR (M)	38
2.2.6.7. Etapa CONTROLAR (C)	38
2.2.6.8. Implementación de la metodología	39
2.3. Marco conceptual	40
2.3.1. Glosario	40
CAPÍTULO III: LA EMPRESA	41
3.1. Descripción de la empresa	41
3.1.1. Sector y actividad económica	42
3.1.2. Perfil organizacional	42
3.1.3. Organización	43
3.2. Descripción del producto	45
3.3. Descripción del proceso productivo	46
3.3.1. Áreas participantes en el proceso productivo	48
3.4. El control de calidad en la empresa	52
3.4.1. El sistema de calificación de cuatro puntos	54
3.4.2. Clasificación de los defectos de calidad	55
3.5. El sistema de gestión de calidad en la empresa	55

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL ..	57
4.1. Indicadores de gestión de calidad	57
4.2. Selección de la metodología.....	63
CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	64
5.1. Tipo y diseño de la investigación	64
5.2. Variables por considerar	64
5.3. Fases de la Metodología Six Sigma	65
5.4. Desarrollo de la fase DEFINIR.....	66
5.4.1. Descripción e identificación del problema	66
5.4.2. Marco del proyecto Six Sigma	66
5.4.3. Diagrama SIPOC y Mapa de proceso	68
5.5. Desarrollo de la fase MEDIR	70
5.5.1. Determinación del proceso a mejorar	70
5.5.2. Mapa de proceso del área de la tintorería	74
5.5.3. Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)	76
5.5.4. Validación del sistema de medición.....	79
5.5.5. Capacidad y desempeño del proceso	84
5.5.6. Cálculo del nivel sigma	87
5.6. Desarrollo de la fase ANALIZAR	90
5.6.1. Definición de los factores causales.....	90
5.6.2. Diagrama de proceso del subproceso de preparación.....	92
5.6.3. Prueba de hipótesis de la mejora planteada	94
5.7. Desarrollo de la fase MEJORAR	98
5.7.1. Establecimiento de los planes de acción.....	98

5.7.1.1.	Control de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno.....	98
5.7.1.2.	Reforzamiento de las instrucciones y procedimientos de trabajo.....	99
5.7.1.3.	Plan de capacitación al personal.....	100
5.7.1.4.	Propuestas adicionales	101
5.8.	Desarrollo de la fase CONTROLAR	104
5.8.1.	Gráficos de control después de la implementación de las mejoras propuestas.....	104
5.8.1.1.	Gráfico de control de la concentración de soda cáustica	104
5.8.1.2.	Gráfico de control de la concentración de peróxido de hidrógeno.....	105
5.8.2.	Capacidad de proceso después de la implementación de las mejoras propuestas.....	106
5.8.2.1.	Capacidad de proceso de la concentración de soda cáustica...	106
5.8.2.2.	Capacidad de proceso de la concentración de peróxido de hidrógeno	107
5.8.3.	Nivel sigma después de la implementación de las mejoras propuestas.....	107
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS..		109
6.1.	Presentación y discusión de resultados	109
6.1.1.	Evaluación de los resultados obtenidos después de la implementación de las propuestas de mejora.....	109
6.1.2.	Evaluación del impacto en los indicadores de la empresa después de la utilización de la metodología Six Sigma	113

6.1.2.1.	Indicador de tela fuera de tono.....	113
6.1.2.2.	Indicador de tela de segunda calidad.....	113
6.1.2.3.	Indicador de tela no exportable	114
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		116
7.1.	Conclusiones.....	116
7.2.	Recomendaciones	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		120
ANEXOS		123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1: Porcentaje N.E. registrado durante el primer semestre del año 2015	15
Figura Nº 2: Representación esquemática de elementos de un proceso	23
Figura Nº 3: Indicadores de la competitividad y de la satisfacción del cliente	25
Figura Nº 4: Relación existente entre mala calidad y competitividad de una empresa	26
Figura Nº 5: El concepto de costos de calidad óptimos	27
Figura Nº 6: El modelo circular del ciclo PHVA	29
Figura Nº 7: Estructura directiva y técnica de Seis Sigma	33
Figura Nº 8: Organigrama de la empresa en estudio	44
Figura Nº 9: Gráfico de anillos del porcentaje de participación de cada unidad de negocio en las ventas de la empresa	45
Figura Nº 10: Interacciones existentes entre los procesos	47
Figura Nº 11: Diagrama del flujo de producción de la empresa en estudio	48
Figura Nº 12: Diagrama general del proceso de hilatura	50
Figura Nº 13: Diagrama general del proceso de tejido plano.....	51
Figura Nº 14: Diagrama general del proceso de tintorería	51
Figura Nº 15: Estructura documentaria del SGC de la empresa en estudio ...	56
Figura Nº 16: Obtención del indicador porcentaje N.E.....	58
Figura Nº 17: Distribución del porcentaje N.E. Primer semestre del año 2015	59

Figura N° 18: Porcentaje de N.E. y porcentaje de segunda. Primer semestre del año 2015	59
Figura N° 19: Diagrama de dispersión de los indicadores porcentaje de segunda y porcentaje no exportable. Primer semestre del año 2015.....	61
Figura N° 20: Las cinco etapas en la realización de un proyecto Six Sigma ..	65
Figura N° 21: Diagrama SIPOC del proceso de producción de telas.....	68
Figura N° 22: Mapa del proceso general de producción de telas	69
Figura N° 23: Distribución del indicador % Segunda total durante el primer semestre del 2015.....	71
Figura N° 24: Diagrama de Pareto por tipo de defecto de calidad del área de la tintorería	72
Figura N° 25: Mapa de proceso del área de la tintorería.....	74
Figura N° 26: Reporte estadístico del estudio de Gage R & R para la concentración de soda cáustica	80
Figura N° 27: Reporte gráfico del estudio Gage R& R para la concentración de soda cáustica	81
Figura N° 28: Reporte estadístico del estudio de Gage R & R para la concentración del peróxido de hidrógeno.....	82
Figura N° 29: Reporte gráfico del estudio Gage R& R para la concentración del peróxido de hidrógeno	83
Figura N° 30: Gráfico de control para la concentración de soda cáustica	84
Figura N° 31: Capacidad de proceso para la concentración de soda cáustica	85
Figura N° 32: Gráfico de control para la concentración de peróxido de hidrógeno	86
Figura N° 33: Capacidad de proceso para la concentración de peróxido de hidrógeno	87

Figura N° 34: Gráfica del nivel sigma a largo plazo	88
Figura N° 35: Diagrama de Ishikawa para el defecto fuera de tono.....	91
Figura N° 36: Diagrama de proceso del subproceso de preparación	92
Figura N° 37: Gráfico de control para el grado de blanco expresado en grados CIE Whiteness de los lotes de tela procesados durante el primer semestre del 2015	93
Figura N° 38: Diagrama de la máquina blanqueadora	101
Figura N° 39: Gráficos de control de la concentración de soda cáustica.....	104
Figura N° 40: Gráficos de control de la concentración de peróxido de hidrógeno	105
Figura N° 41: Capacidad de proceso de la concentración de soda cáustica	106
Figura N° 42: Capacidad de proceso de la concentración de peróxido de hidrógeno	107
Figura N° 43: Gráfica de control del grado de blanco después de la implementación de las propuestas de mejora.....	112
Figura N° 44: Evolución del indicador de tela fuera de tono	113
Figura N° 45: Evolución del indicador porcentaje de segunda calidad	114
Figura N° 46: Evolución del indicador porcentaje No Exportable.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Ocho pasos en el ciclo de calidad PHVA	30
Tabla N° 2: Principales controles realizados por la empresa en estudio para validar el cumplimiento de los requisitos de calidad	53
Tabla N° 3: Indicadores de gestión de calidad de la producción de telas (Enero - Junio 2015)	58
Tabla N° 4: Resultados de los cálculos previos a la aplicación de las fórmulas de los coeficientes de regresión	62
Tabla N° 5: Marco del proyecto Six Sigma	67
Tabla N° 6: Cuantificación en metros de tela de segunda calidad generados por área de producción – Primer semestre del año 2015.....	70
Tabla N° 7: Distribución del porcentaje de segunda calidad por área de producción. Primer semestre del año 2015	71
Tabla N° 8: Indicadores de reproceso de la tintorería. Primer semestre del 2015	73
Tabla N° 9: Criterio de valoración del factor ocurrencia	76
Tabla N° 10: Criterio de valoración del factor severidad	77
Tabla N° 11: Criterio de valoración del factor detección	77
Tabla N° 12: AMEF para el defecto fuera de tono en el teñido de tela.....	78
Tabla N° 13: Mediciones tomadas para la prueba de R & R de la concentración de soda cáustica	79
Tabla N° 14: Mediciones tomadas para la prueba de R & R de la concentración del peróxido de hidrógeno	82
Tabla N° 15: Relación entre el nivel de sigmas de un proceso	88
Tabla N° 16: Porcentaje No Exportable del periodo en estudio	88

Tabla N° 17: Nivel sigma de la producción de telas durante el periodo en estudio.....	89
Tabla N° 18: Grado de blanco obtenido antes de la implementación de la propuesta de mejora.	95
Tabla N° 19: Grado de blanco obtenido después de la implementación de la propuesta de mejora.	96
Tabla N° 20: Cuadro comparativo de los resultados de grado de blanco obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta de mejora en el proceso de blanqueo.....	96
Tabla N° 21: Porcentaje No Exportable después de la implementación de las mejoras propuestas.	108
Tabla N° 22: Nivel sigma de la producción de telas después de la implementación de las mejoras – Primer semestre del año 2016.....	102
Tabla N° 23: Planificación del proyecto Six Sigma.....	109
Tabla N° 24: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las propuestas de mejora para la concentración de soda cáustica.	110
Tabla N° 25: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las propuestas de mejora para la concentración de peróxido de hidrógeno.	111
Tabla N° 26: Cuadro comparativo del nivel sigma antes y después de la implementación de las propuestas de mejora	112

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, con un entorno cada vez más competitivo y globalizado y un ritmo de negocios cada vez más veloz, es indispensable que las organizaciones comprendan y apliquen estrategias de mejora continua para lograr mejorar la calidad de sus procesos y productos e incrementar el rendimiento de los negocios. En este contexto, desde principios de los años 90 numerosas organizaciones a nivel mundial emprendieron la aplicación de la metodología de mejora continua Six Sigma guiados por los ahorros significativos obtenidos por las organizaciones que ya la habían implementado.

La metodología Six Sigma es una estrategia potente de mejora continua del negocio que busca mejorar la calidad, el rendimiento y productividad de los negocios mediante la identificación y eliminación de defectos y errores, tomando como base a los aspectos más importantes de los procesos y al enfoque hacia el cliente. Las organizaciones que han implementado esta metodología han sido retribuidas con la reducción de costos operacionales e indicadores de defectos, altos beneficios económicos, incremento de la cultura organizacional y la mejora en la calidad del producto final.

Bajo estos escenarios, la presente tesis muestra el despliegue de la metodología Six Sigma, desarrollando cada una de las cinco etapas establecidas denominadas Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar; durante su utilización por parte de una empresa textil exportadora para la mejora de sus procesos productivos. Esta empresa será identificada como la “empresa en estudio” a lo largo del desarrollo de los capítulos de la presente tesis para mantener la confidencialidad, asimismo, los datos reales suministrados por la empresa han sido modificados con el objetivo de que solo sean utilizados para fines académicos.

Palabras claves: Six Sigma, mejora de procesos, calidad, defectos, DMAMC.

RESUMEN

La presente tesis expone la utilización de la metodología de mejora continua Six Sigma para la mejora de procesos en una empresa textil exportadora, la cual se desarrolló en base a la metodología de cinco fases DMAMC, con el objetivo de reducir la cantidad de tela no conforme y calificada internamente como no exportable, así como mejorar los principales indicadores de gestión de calidad establecidos por la empresa en estudio.

En el primer capítulo se describe a la situación problemática y se presenta el planteamiento del problema, asimismo, se plantean los problemas específicos a resolver y la justificación de la investigación. También se definen el objetivo general y los objetivos específicos que se quieren alcanzar al término de la metodología. Finalmente, se plantean la hipótesis general y las hipótesis específicas a contrastar.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico, en el cual se incluyen los principales conceptos y bases teóricas que explican las definiciones de proceso, calidad, mejora continua y la metodología Six Sigma. Así también, se muestran los antecedentes de la investigación encontrados y un glosario.

En el tercer capítulo se caracteriza a la empresa en estudio para un mayor entendimiento de la problemática y del proceso global, por medio de la descripción de ésta, del producto que ofrece, del proceso que gestiona y del aseguramiento y control de calidad que practica.

En el cuarto capítulo se analiza y se diagnostica la situación actual y se establecen los lineamientos para el desarrollo de la metodología propuesta para la mejora de procesos.

En el quinto capítulo se detalla etapa por etapa el despliegue de la metodología Six Sigma, mediante la utilización de la metodología de cinco fases DMAMC y de herramientas estadísticas y de calidad, para analizar e interpretar los resultados obtenidos en el sexto capítulo.

Finalmente, en el séptimo capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

La empresa en estudio pertenece al sector textil y confecciones del Perú y su principal ventaja competitiva es que está integrada verticalmente; es decir, cuenta con todas las etapas de la cadena de producción textil, empezando desde el desmotado del algodón hasta la confección de prendas. Esta integración le permite la gestión global y eficiente de todos sus procesos, y la comercialización de no solo una unidad de negocio, sino de tres: hilados, telas y prendas.

La empresa cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) que está basado en la Norma Internacional ISO 9001:2015 y que ha sido definido para asegurar el cumplimiento de los requerimientos de los clientes y prevenir problemas, desviaciones y costos de no calidad.

La Alta Dirección de la empresa es la responsable de establecer la planificación del SGC, asegurar su documentación e implementación y gestionar su mejora continua. Esta planificación es realizada anualmente y en ésta se establecen los “Objetivos de Calidad” para los niveles pertinentes y los procesos necesarios para el SGC. Cada objetivo de calidad cuenta con uno o más indicadores que permiten la medición y seguimiento del cumplimiento de los mismos.

En este contexto, en la primera mitad del 2015 se alertó un incremento del indicador principal de la segunda unidad de negocio más importante de la empresa: Las telas. Este indicador es conocido internamente como % No Exportable (% N.E.) y engloba todos los metros de tela que no pueden ser exportados, porque no cumplen con las especificaciones de calidad del cliente.

El Objetivo de Calidad establecido por la Alta Dirección para este indicador es del 4.00 % y como se observa en la Figura N° 1, los valores del %N.E. registrados durante el primer semestre del año 2015 estuvieron por encima del valor establecido.

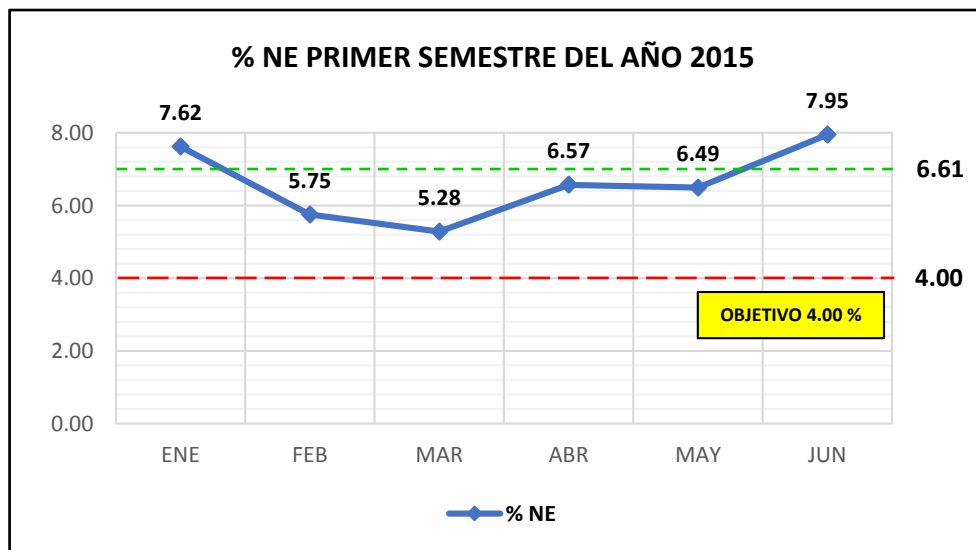


Figura N° 1: Porcentaje N.E. registrado durante el primer semestre del año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Esta desviación del indicador % N.E. respecto al objetivo de calidad establecido demostró entonces que la eficacia del SGC de la empresa estaba siendo afectado y que, por ende, era necesaria la implantación de una medida correctiva a corto plazo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es posible mejorar los procesos en una empresa textil exportadora?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Es posible reducir el indicador de tela de segunda calidad en una empresa textil exportadora?
- ¿Es posible reducir el indicador de la causa principal de tela de segunda calidad en una empresa textil exportadora?

1.3. Justificación de la investigación

Desde hace algunos años, el sector textil-confecciones atraviesa por una de las situaciones más difíciles que le ha tocado afrontar y que se ve reflejada en la disminución del consumo de hilado y de las exportaciones. Actualmente, es más complicado concretar negocios y cerrar pedidos debido a que las principales marcas de prendas de vestir se han trasladado al sudeste asiático llevando consigo importantes volúmenes de producción a precios bajos, con los cuales el sector no puede competir.

Este panorama agregado a los otros ya conocidos problemas del sector como la falta de competitividad, la competencia desleal, la falta de apoyo estatal y la subvaluación de las prendas importadas, ha generado, de acuerdo a las recientes cifras publicadas por la Sociedad Nacional de Industrias (abril, 2017), que entre el 2012 y el 2016 aproximadamente 779 empresas de este sector dejaran de exportar o terminaran por desaparecer.

Por otro lado, al mismo tiempo, de acuerdo con las cifras publicadas por la Asociación de Exportadores ADEX (abril, 2017) las exportaciones de la cadena textil-confecciones alcanzaron los US\$ 294 millones 603 mil en el primer trimestre de este año, lo que significó un 0.5% más respecto al mismo periodo del año pasado y revelaría un punto de inflexión en el comportamiento de los últimos años.

En este contexto, toda la industria tiene el mismo desafío: recuperar competitividad y productividad. Y esto solo será logrado si las empresas son capaces de replantear su filosofía de gestión o adoptar nuevos modelos de gestión que les permitan adecuarse a las realidades del mercado actual, cada vez más exigente, más dinámico y que exige más velocidad de respuesta y diferenciación.

Desde esta perspectiva, la metodología Six Sigma se presenta como un modelo de gestión que permite la mejora de la productividad a través de la identificación y posterior eliminación de los defectos de los procesos de negocio y la concentración en los aspectos más importantes de la producción y de los clientes. Las organizaciones que han implementado esta metodología han sido

retribuidas con la reducción de los costos operacionales y el indicador de defectos, altos beneficios económicos, incremento de la cultura organizacional y la mejora en la calidad del producto final.

Sin embargo, no se han encontrado muchos casos que permitan promover su aplicación en el sector textil, y es por esta razón que la presente tesis se enmarca en la utilización de la metodología Six Sigma para mejorar los procesos de producción de telas en una empresa textil exportadora y hacerla más rentable y competitiva de lo que era anteriormente.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Mejorar los procesos en una empresa textil exportadora.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Reducir el indicador de tela de segunda calidad en una empresa textil exportadora.
- b) Reducir el indicador de la causa principal de tela de segunda calidad en una empresa textil exportadora.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La Metodología Six Sigma mejora los procesos en una empresa textil exportadora.

- Variable Independiente: Utilización de la metodología Six Sigma.
- Variable Dependiente: Indicador de gestión de calidad % No Exportable.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) La metodología Six Sigma reduce el indicador de tela de segunda calidad en una empresa textil exportadora.
 - Variable independiente: Utilización de la metodología Six Sigma.
 - Variable dependiente: Indicador de gestión de calidad % Segundas.

- b) La metodología Six Sigma reduce el indicador de la causa principal de tela de segunda calidad en una empresa textil exportadora
 - Variable independiente: Utilización de la metodología Six Sigma.
 - Variable dependiente: Indicador de gestión de calidad % Fuera de Tono.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En la búsqueda de información que se ha realizado para el desarrollo de la presente tesis, se han encontrado artículos e investigaciones, tanto nacionales e internacionales, que han servido para establecer un marco de referencia y conocer el estado del conocimiento sobre el tema de investigación en desarrollo.

Estos estudios se pueden clasificar en dos clases: La primera, agrupa a aquellos estudios que muestran la aplicación de la metodología Six Sigma en la solución de problemas pertenecientes al sector textil y confecciones, permitiendo la obtención de conocimientos muy especializados. La segunda, engloba a los estudios que mostraron la utilización de la metodología Six Sigma en la solución de problemas de otros sectores, los cuales ilustraron sustancialmente el uso de las diferentes herramientas estadísticas y el desarrollo de cada etapa de esta metodología.

Los estudios pertenecientes a la primera clase se resumirán brevemente a continuación:

- **Tesis “Diseño de investigación de implementación de la metodología *Desing For Six Sigma* (DFSS), en la formulación del proceso abrasivo enzimático requerido en el lavado industrial de denim”.**

Autor: Julio Fernando Estrada Hernández.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, febrero del 2015.

En esta tesis, el autor explicó los principales fundamentos que apoyan la implementación de la metodología Six Sigma como herramienta gerencial para mejorar sosteniblemente la productividad en una empresa textil especializada en el procesamiento de tejidos denim y la correlación existente entre esta metodología y las metodologías DMAIC y DMADV.

- **Tesis “Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC”.**

Autores: William Christopher Joseph Ordoñez Alcántara y Jorge Arturo Torres Castañeda.

Pontificia Universidad Católica del Perú.

Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Lima, febrero del 2014.

Esta tesis tuvo como objetivo principal la reducción de la variabilidad en el proceso de corte de una empresa de confección textil, empleando la metodología DMAIC.

El estudio se inició con el desarrollo del marco teórico, que sirvió como fundamento para el planteamiento de la metodología; y con la descripción de la organización, su infraestructura, recursos y proceso productivo. Asimismo, se realizó un diagnóstico donde se seleccionó el proceso de corte como el más crítico, para luego desarrollar las etapas de definición, medición, análisis, mejora y control en el proceso seleccionado.

Esta tesis resulta importante; ya que, sirve de guía para la utilización de las herramientas estadísticas en cada etapa de la metodología de solución.

- **Estudio “*A feasibility study for six sigma implementations in Turkish textiles small and medium sized enterprises*”**

Autor: Mehmet Tolga Taner.

Üsküdar University of Turkey.

Estambul, abril del 2012.

En este *paper*, se presentó el estudio de los factores claves para la implementación exitosa de la metodología Six Sigma en las pequeñas y medianas empresas textiles de Turquía. Asimismo, también se identificaron y analizaron las actuales prácticas de calidad que aplica la industria textil y se resaltaron los beneficios que ésta tendría si adoptará la metodología Six Sigma como una estrategia de negocio.

- **Estudio “*Performance improvement of textile sector by implementing quality Six Sigma*”.**

Autores: Sachidanand S. More, Dr. Maruti S. Pawar.

International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAEM) of India.

Solapur, diciembre del 2013.

Este *paper* describe la industria textil de la India y el importante rol que ésta juega en la economía de ese país. Asimismo, detalla las necesidades actuales de adoptar nuevas tecnologías y estrategias de negocio que permitan mejorar la calidad y productividad de productos y procesos. Esto con el objetivo de presentar a la metodología Six Sigma como una estrategia necesaria para la integración de la India a la economía mundial.

A continuación, de la misma forma se resumirán brevemente los estudios pertenecientes a la segunda clase:

- **Tesis “*Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la metodología Six Sigma*”.**

Autor: Emilsen Pascual Calderón.

Pontificia Universidad Católica del Perú.

Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Lima, marzo del 2019.

Esta tesis tuvo como objetivo principal la mejora del proceso de impresión offset, mediante la aplicación de la metodología Six Sigma, y dedica un capítulo a cada etapa de la metodología para un desarrollo y análisis amplio.

Finalmente, logra demostrar que con una ejecución correcta de la metodología se pueden lograr importantes beneficios económicos de la mano de una mejora de procesos global.

- **Tesis “Uso de la metodología Six Sigma como referencia para la optimización de un área de mantenimiento de planta”.**

Autor: Percy Roberto Prieto Matzuki.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Facultad de Ingeniería Industrial.

Lima, noviembre del 2008

Esta tesis muestra la utilización de la metodología Six Sigma para la optimización de un área de mantenimiento de planta. Para tal efecto, desarrolló por cada capítulo una etapa de la metodología, lo que permitió conocer paso a paso la puesta en marcha de un proyecto Six Sigma.

- **Tesis “Seis sigma, filosofía de gestión de la calidad: estudio teórico y su posible aplicación en el Perú”.**

Autor: Eduardo Alonso Sánchez Ruíz.

Universidad de Piura.

Facultad de Ingeniería.

Piura, marzo del 2005.

Esta tesis fue desarrollada en dos etapas, en la primera se muestra toda la información que el autor recolectó sobre la metodología Seis Sigma y en la segunda, el autor muestra su análisis sobre la información recolectada.

El objetivo que persiguió el autor durante este estudio fue brindar un marco de referencia de la metodología Seis Sigma que permita comprenderla e identificar las fases para su ejecución. Para tal efecto, brinda un análisis de casos en los que empresas peruanas aplicaron esta metodología y brinda pautas para su implementación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Definición de proceso

De acuerdo con Collier y Evans (2016), un proceso es una secuencia de actividades que pretenden crear un cierto resultado, como un bien físico, un servicio o información. Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades que transforman los elementos de entrada, los insumos, en elementos de salida, los productos o servicios.



Figura N° 2: Representación esquemática de los elementos de un proceso.

Fuente: Norma Internacional ISO 9001:2015.

Como se observa en la Figura N° 2, de acuerdo con la Norma Internacional ISO 9001:2015, un proceso es una secuencia de actividades que tiene un inicio y fin establecidos, y que recibe elementos de entrada de parte de los proveedores, clientes o partes interesadas para transformarlos en elementos de salida para los clientes u otras partes interesadas. Para tal fin, indica también que deben de establecerse puntos de control para hacer seguimiento y medición del desempeño del proceso.

Collier y Evans (2016) también mencionan que dentro de los procesos claves en un negocio se incluyen los siguientes:

- Procesos centrales: Enfocados en producir o proporcionar los bienes o servicios primarios de una organización que crean valor para los clientes.

- Procesos de apoyo: Enfocados en brindar soporte a todo el sistema como la compra de materiales e insumos, administración del inventario, entre otros.
- Procesos de administración general: Considera a la contabilidad, administración de recursos humanos, marketing, entre otros.

2.2.2. Definición de calidad

Desde el punto de vista de los clientes, las empresas existen para producir bienes o servicios que satisfagan sus requerimientos y superen sus expectativas. Es en este contexto, que el significado de calidad toma vital importancia y se convierte en una exigencia fundamental de todo proceso; ya que, los clientes exigirán y esperarán recibir productos que sean de calidad.

Sobre el concepto de calidad, existen varias definiciones; por ejemplo, Juran (1995) indica que la “calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así, la calidad consiste en la ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente”, mientras que la *American Society For Quality* (ASQ) sostiene que la calidad tiene dos significados: “características de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer necesidades explícitas o implícitas” y “un producto o servicio libre de deficiencias”. Por su parte, la Norma Internacional ISO 9000:2015 define a la calidad como “el grado en el que se proporciona valor mediante el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas pertinentes”.

De acuerdo con las definiciones revisadas, se concluye entonces que la calidad está estrechamente relacionada con el concepto de satisfacción del cliente, y como se discutió anteriormente, esto solo ocurre si se cumplen los requerimientos y expectativas que éste tiene respecto al producto o servicio que ha adquirido.

Gutiérrez (2013) indica que “las expectativas del cliente son generadas de acuerdo con las necesidades, los antecedentes, el precio del producto, la publicidad, la tecnología, la imagen de la empresa, etc. Se dice que hay

satisfacción cuando el cliente percibe del producto o servicio al menos lo que esperaba”.

Asimismo, el autor indica que en la satisfacción del cliente influyen los siguientes tres aspectos: la calidad del producto, el precio y la calidad del servicio. Por lo tanto, una empresa puede ser más competitiva que otra cuando ofrece productos de calidad a un bajo precio y a través de un buen servicio. A continuación, en la Figura N° 3 se muestran los tres aspectos que influyen en la satisfacción del cliente con algunos de sus principales componentes:

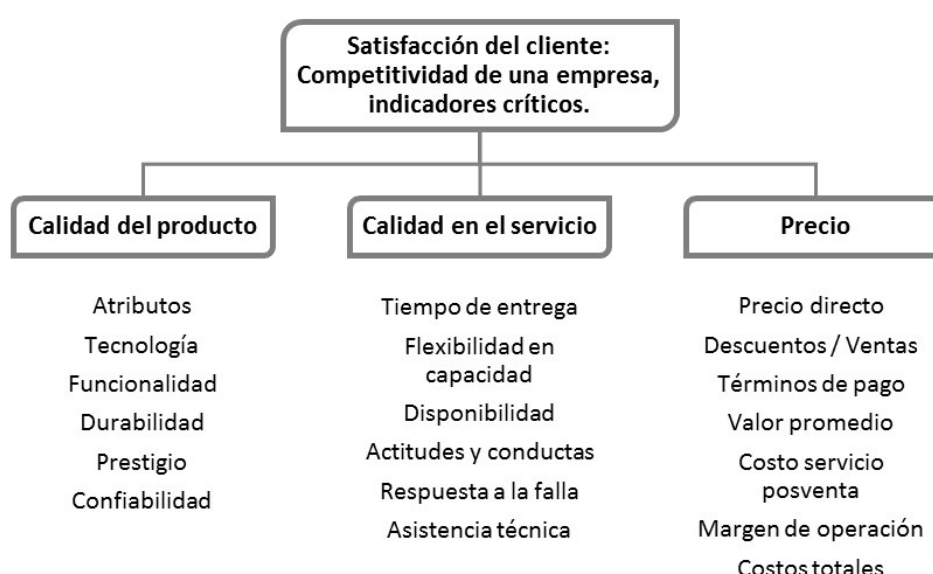


Figura N° 3: Indicadores de la competitividad y de la satisfacción del cliente.

Fuente: Adaptado de Control estadístico de la calidad y seis sigma (Gutiérrez, 2013, p.5).

Entonces, ¿cuándo se habla de mala calidad? Cuando durante el proceso existen equivocaciones y fallas que generan que un producto o servicio no logre cumplir con los requerimientos y expectativas de los clientes, y ocasione en el camino reinspecciones, reprocesos, mermas, retrasos, sobre costos; y, por ende, clientes insatisfechos y pérdidas de ventas.

Por lo tanto, un producto o servicio de mala calidad trae consigo no solo la insatisfacción de los clientes, sino también un incremento en los costos, que ocasionan finalmente que las empresas pierdan competitividad.

Gutiérrez (2013) indica que existe relación entre mala calidad y competitividad, y la sintetiza en el esquema que se muestra en la figura N° 4 a continuación:

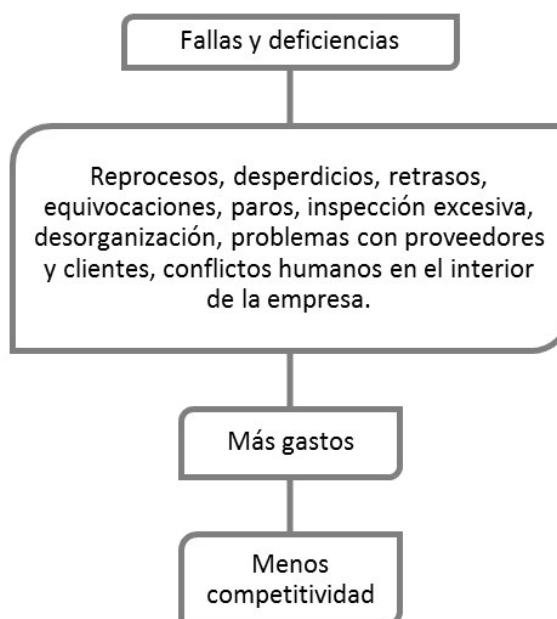


Figura N° 4: Relación existente entre mala calidad y competitividad de una empresa.

Fuente: Adaptado de Control estadístico de la calidad y seis sigma (Gutiérrez, 2013, p.6).

Por el contrario, si se mejora la calidad, se lograrían disminuir los costos; ya que, se tendrían menos reprocesos, defectos y retrasos; y se podrían utilizar eficientemente los materiales, recursos y maquinarias. Por lo tanto, al mejorar la calidad de los procesos, se obtiene una reacción en cadena que permite entregar productos de calidad, reducir los costos de no calidad y tiempos de entrega, lo cual incrementa la satisfacción de los clientes y la productividad y competitividad de las empresas.

2.2.3. Costos de calidad

Los costos de calidad, según Montgomery (2006), son aquellos vinculados con la producción, identificación, evitación o reparación de productos que no cumplen con las especificaciones que se requieren y su cuantificación buscará identificar

posibilidades de mejora y con ello la reducción de los costos de calidad (Figura N° 5).

Dichos costos los clasifica en los siguientes:

- **Costos de prevención:** Aquellos costos que se incurren en el área de diseño y producción con la finalidad de prevenir posibles fallas del producto.
- **Costos de valuación:** Son aquellos costos que se incurren al realizar auditorías que permitan confirmar que un producto, componente o material se encuentra en las condiciones idóneas y de acuerdo con los estándares establecidos.
- **Costos de fallas internas:** Ocurren cuando el producto, componente o material no cumple las especificaciones de calidad establecidas y dichas fallas se identifican antes de entregar el producto al cliente.
- **Costos de fallas externas:** Se incurren cuando el producto no cumple con su fin establecido de una manera idónea, luego de ser entregado al cliente.

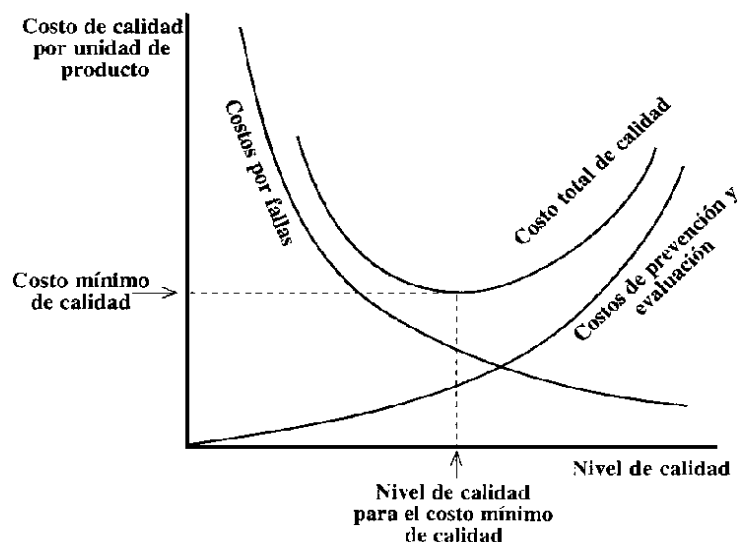


Figura N° 5: El concepto de costos de calidad óptimos.

Fuente: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Depósito de documentos de la FAO.

<http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s4p.gif>

2.2.4. Mejora continua de los procesos

La mejora de los procesos es el estudio de todos los elementos del mismo; es decir, la secuencia de actividades, sus entradas y salidas, con el objetivo de entender el proceso y sus detalles y, de esta manera, poder optimizarlo en función de la reducción de costos y el incremento de la calidad del producto y de la satisfacción del cliente (Krajewski *et al.*, 2008).

Por su parte, Ordoñez y Torres (2014) mencionan que esta mejora busca:

- Elevar el nivel de ingresos de las empresas al tener procesos más eficientes (reducción de defectos y mermas), permitiendo además la posibilidad de adquirir mejor tecnología.
- Aumentar la agilidad de respuesta ante posibles cambios en la demanda y las expectativas del cliente.
- Elevar la calidad del producto o servicio al cliente reduciendo el porcentaje de defectos, errores, fallas o mal servicio.
- Reducir las actividades que no generen valor agregado o disminuir los costos con el empleo de mejor tecnología.
- Reducción en el tiempo de flujo del proceso al eliminar esperas o movimientos innecesarios.

La mejora continua de los procesos es, entonces, una estrategia de gestión que consiste en el desarrollo de mecanismos que permitan mejorar el desempeño de los procesos y, a su vez, elevar la satisfacción de los clientes (Bonilla *et al.*, 2010).

2.2.5. El ciclo de mejora continua PHVA

Existen varias herramientas para el mejoramiento continuo de los procesos, sin embargo, el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), círculo de Deming o PDCA en inglés (*Plan, Do, Check and Act*) se constituye como una de las herramientas principales para las empresas que buscan la excelencia en su sistema de calidad.

Cabe señalar que este ciclo fue ideado por Walter Shewhart, un pionero estadounidense en la administración total de la calidad, quien desarrolló este modelo de forma circular para representar la naturaleza continua de este proceso de mejora (Figura N° 6). Pero, no fue hasta la década de los años 50 que Edwards Deming, un estadístico estadounidense, durante su trabajo en el desarrollo y reconstrucción del Japón después de la segunda guerra mundial da a conocer este concepto. Y es por esta razón que, posteriormente, los japoneses transmiten este modelo de mejoramiento continuo como Círculo de Deming en honor a éste, el Dr. William Edwards Deming.

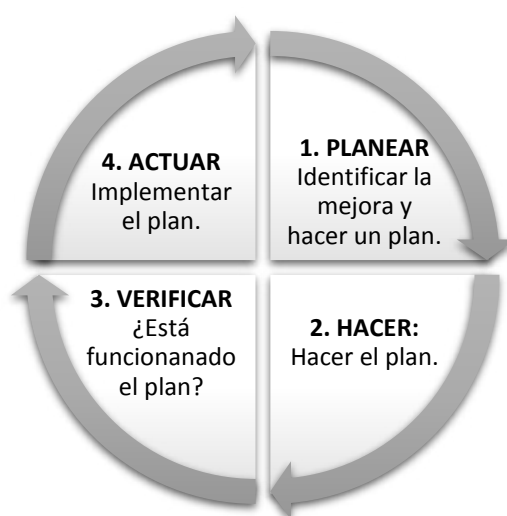


Figura N° 6: El modelo circular del ciclo PHVA.

Fuente: Adaptado de Principios de administración de operaciones (Heizer y Render, 2009, p.199).

Para mejorar la calidad y, en general para resolver problemas recurrentes y crónicos, es imprescindible seguir una metodología bien estructurada, para así llegar a las causas de fondo de los problemas realmente importantes, y no quedarse en atacar efectos y síntomas. En ese sentido, la mayoría de metodologías de solución de problemas están inspiradas en el ciclo de la calidad o ciclo PHVA (Gutiérrez, 2013).

El autor también señala que una forma de llevar a la práctica el ciclo PHVA es dividir a éste en ocho pasos o actividades, los cuales se mencionan en la Tabla N° 1 a continuación:

Etapa	Paso	Nombre y breve descripción del paso
Planear	1	Seleccionar y caracterizar un problema: Elegir un problema realmente importante, delimitarlo y describirlo, estudiar antecedente e importancia, y cuantificar su magnitud actual.
	2	Buscar todas las causas posibles: Lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa. Participan los involucrados.
	3	Investigar cuáles son las causas más comunes: Recurrir a datos, análisis y conocimiento del problema.
	4	Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes: Para cada acción, detallar en qué consiste, su objetivo y cómo implementarla; responsables, fechas y costos.
Hacer	5	Ejecutar las medidas remedio: Seguir el plan y empezar a pequeña escala.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos: Comparar el problema antes y después.
Actuar	7	Prevenir la ocurrencia: Si las acciones dieron resultado, éstas deben generalizarse y estandarizar su aplicación. Establecer medidas para evitar recurrencia.
	8	Conclusión y evaluación de lo hecho: Evaluar todo lo hecho anteriormente y documentarlo.

Tabla N° 1: Ocho pasos en el ciclo de calidad PHVA.

Fuente: Adaptado de Control estadístico de la calidad y seis sigma (Gutiérrez, 2013, p.12).

2.2.6. La metodología Six Sigma

Seis sigma es una estrategia de mejora continua del negocio enfocada al cliente, que busca encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos (Gutiérrez, 2013).

De forma más elemental, lo que permite la metodología Seis Sigma es lograr procesos que solo generen 3.4 defectos por millón de operaciones. Para cumplir con este propósito, se debe desplegar, entonces, un proyecto exhaustivo y dinámico impulsado y respaldado por la alta dirección de las compañías y que incluya la búsqueda de la mejora continua en todos los procesos que éstas

desarrollan; con el objetivo de reducir fallas, retrasos, reprocesos, sobre costos y, por ende, aumentar la satisfacción de los clientes.

Esta estrategia remonta sus inicios a 1987, cuando Bob Galvin, en ese entonces directivo de Motorola, la introduce en la compañía con el objetivo de reducir la cantidad de defectos en los productos electrónicos. Los resultados obtenidos superaron las expectativas y rápidamente fue cobrando tal fuerza en el mundo empresarial y académico que comenzó a adoptarse como metodología por otras compañías, dos de éstas fueron Allied Signal y General Electric. Allied Signal la adoptó primero en 1994 y General Electric en 1995, y también obtuvieron resultados importantes que se vieron reflejados en ahorros significativos para ambas compañías. Un factor clave en el desarrollo exitoso de esta metodología en estos dos casos fue, una vez más, el apoyo y encabezamiento de sus directivos.

Los resultados logrados por Motorola, Allied Signal y General Electric gracias a Seis Sigma, se muestran a continuación (Gutiérrez, 2013):

- Motorola logró aproximadamente 1000 millones de dólares en ahorros durante tres años, y el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1988.
- Allied Signal ahorró más de 2000 millones de dólares entre 1994 y 1999.
- General Electric alcanzó más de 2570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997 – 1999).

Tennant (2001) señala que una iniciativa de calidad Six Sigma incluye las siguientes partes componentes:

- Administración total de la calidad, que aporta técnicas y herramientas para producir cambios culturales y mejoras del proceso dentro de una organización.
- Control estadístico del proceso, que proporciona mediciones, herramientas de análisis y mecanismos de control poderosos.
- Un enfoque japonés a la mejora y diseño de procesos, satisfacción del cliente y análisis de las necesidades de éste, ayudando a cubrir el espacio entre la calidad como “satisfacción experimentada” y la realidad práctica.

- Un nuevo paradigma de satisfacción total del cliente, como impulsor primario de la iniciativa de calidad.

2.2.6.1. Definición

Seis sigma es una estrategia de mejora continua del negocio, que tiene diferentes significados para diferentes grupos dentro de una organización (Harry *et al.*, 2010).

Asimismo, Gutiérrez (2013) señala que a nivel empresa, Seis Sigma “es una iniciativa estratégica que busca alcanzar una mejora significativa en el crecimiento del negocio, su capacidad y en la satisfacción de los clientes”. A nivel operacional, “Seis Sigma tiene una naturaleza táctica que se enfoca a mejorar métricas de eficiencia operacional, como tiempos de entrega, costos de no calidad y defectos por unidad”. Mientras que a nivel proceso, “Seis Sigma es utilizada para reducir la variabilidad, y con ello es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de negocio, así como disminuir los costos directos.

2.2.6.2. Características de la metodología

De acuerdo con Gutiérrez (2013), la metodología Six Sigma presenta doce características o principios, los cuales se resumirán brevemente a continuación:

a. Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye gente de tiempo completo.

Six Sigma se apoya en una estructura directiva para su desarrollo y ejecución, los roles de los integrantes han sido tomados de las artes marciales y son los siguientes: Comité Directivo, *Champions* (campeones o patrocinadores), *Master Black Belt* (maestro cinta negra o asesor *senior*), *Black Belt* (cinturón negro), *Green Belt* (cinturón verde) y *Yellow Belt* (cinturón amarillo). Las principales características de cada uno de ellos se describen en la Figura N° 7 a continuación:

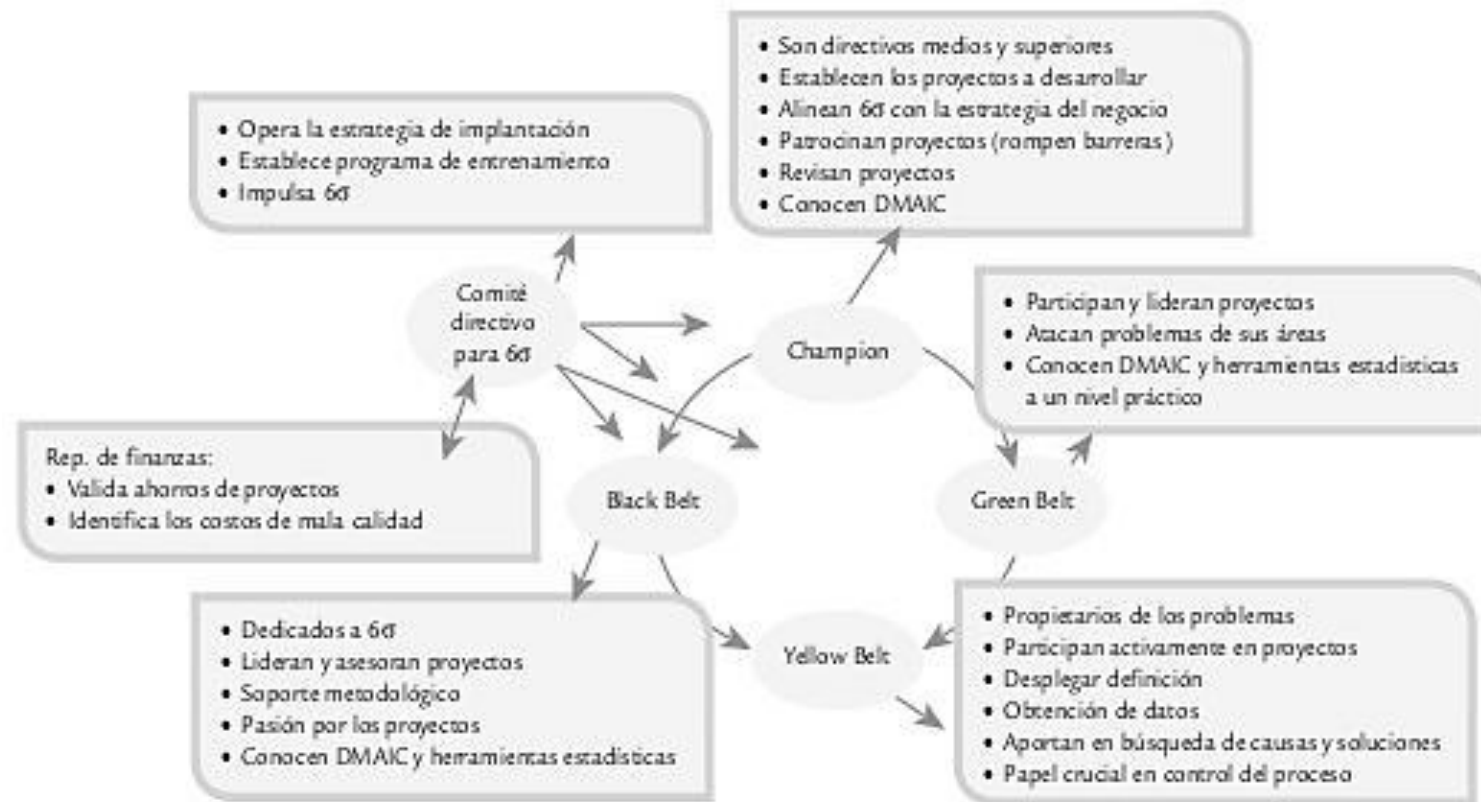


Figura N° 7: Estructura directiva y técnica de Seis Sigma.

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (Gutiérrez, 2013, p.400).

b. Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.

Six Sigma es una metodología potente con un enfoque netamente gerencial y estratégico, que abarca a toda una organización y que requiere cambios estructurales, operacionales y en la forma en que se toman decisiones. Por lo tanto, necesita el respaldo total y la comprensión plena de parte de los más altos ejecutivos.

c. Entrenamiento.

Cada actor de la estructura directiva de un proyecto Six Sigma debe de llevar un entrenamiento previo e intensivo en la metodología, que varía dependiendo del tipo de rol a desempeñar. Este entrenamiento usualmente es organizado en cuatro o cinco semanas de capacitación intensiva, relacionadas con las fases de la metodología DMAMC. Después de cada semana de capacitación, se dejan entre una o dos semanas para que el participante pueda aplicar lo aprendido en su vida laboral cotidiana y consolide los conocimientos.

d. Acreditación.

Cada actor de la estructura directiva de la metodología Six Sigma sigue un procedimiento de acreditación que no es estandarizado y; por lo tanto, no es único. Sin embargo, requiere de una profundidad e interiorización de los conocimientos adquiridos y experiencia en el asesoramiento de proyectos Six Sigma acorde a cada rol. En el Anexo N° 1, se indica a manera de referencia el proceso de acreditación de cada uno de los actores de Six Sigma.

e. Orientada al cliente y con enfoque a los procesos.

Otra de las características clave de Seis Sigma es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma (Gutiérrez, 2013).

f. Seis Sigma se dirige con datos.

La metodología Six Sigma tiene como uno de sus pilares a la estadística y se basa en ella para el control y gestión de procesos que deben de ser repetitivos, reproducibles y, a la vez, científicos para alcanzar el nivel de calidad buscado. Por lo tanto, los datos y la base estadística permiten guiar acertadamente los esfuerzos hacia la identificación de las variables críticas para la calidad y de las áreas o procesos a ser mejorados. Asimismo, permite también evaluar los resultados obtenidos después de concluido un proyecto Six Sigma y medir su impacto.

g. Seis Sigma se apoya en una metodología robusta.

La estrategia Six Sigma se desarrolla sobre la base de la metodología de cinco fases DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) o DMAIC por sus siglas en inglés (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*), cuyas fases se desarrollarán más adelante.

h. Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos.

El enfoque Six Sigma se apoya en un entrenamiento para todos; ya que, se basa en la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas. Al mismo tiempo que, durante el entrenamiento intensivo, los conocimientos adquiridos en los programas de capacitación son aplicados en un proyecto real, proporcionando la interiorización de los conocimientos y un vital soporte práctico.

i. Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas.

Un aspecto característico de los proyectos Six Sigma exitosos, que se puede comprobar en casos como el de Motorola, Allied Signal o General Electric, es la generación de ahorros significativos y un incremento en las ventas. Para esto es necesario que en las organizaciones se cuente con el apoyo total de la alta dirección, la selección de proyectos que atiendan aspectos claves, la identificación certera de las causas raíces de los principales problemas, la

incorporación de soluciones duraderas y un sistema confiable de medición que permita validar los resultados.

j. El trabajo por Seis Sigma se reconoce.

Seis Sigma se sostiene a lo largo del tiempo reforzando y reconociendo a los líderes en los que se apoya el programa, así como a los equipos que logran proyectos DMAMC exitosos [...] De esta manera, la estrategia debe diseñar formas específicas en las que se van a reconocer esfuerzos y éxitos por Seis Sigma (Gutiérrez, 2013).

k. Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, por lo que no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza.

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua muy potente; ya que, orienta todos los recursos a resolver los problemas críticos del negocio y en este contexto, busca ser duradera y perdurar en el tiempo. Asimismo, debido al enfoque y a la metodología robusta en la que se basa, ésta puede integrarse fácilmente a las iniciativas estratégicas que puede estar desarrollando la organización y, al mismo tiempo, brindarles soporte.

l. Seis Sigma se comunica.

Los resultados que se obtengan con la metodología Six Sigma deben de ser comunicados; ya que, los proyectos Six Sigma se basan en un programa intenso de comunicación para que éstos sean entendidos y comprendidos dentro y fuera de la organización.

2.2.6.3. Etapa DEFINIR (D)

Primera etapa de DMAMC en la que se enfoca y delimita el proyecto, precisando por qué se hace, los beneficios esperados y las métricas con las que se medirá su éxito (Gutiérrez, 2013).

En esta fase se define el problema, se orienta el proyecto, se definen los objetivos y se establece la base para su éxito. Es usual desarrollar en esta etapa diagramas de proceso, diagramas SIPOC o diagramas de flujo que permitan visualizar a nivel macro o intermedio el proceso. Al término de esta etapa, el equipo Six Sigma debe tener claro el problema a resolver, el propósito del Proyecto Six Sigma, el alcance, los recursos, el equipo y las métricas para medir el éxito del proyecto, todo esto debe estar resumido en el marco del proyecto o *Project Charter*. El Marco del proyecto de este estudio se encuentra establecido en la Tabla N° 4: Marco del proyecto Six Sigma.

El primer paso para lograr un proyecto exitoso será su selección adecuada, que por lo general es responsabilidad de los *champions* y/o de los *black belt* [...]; los proyectos deben estar alineados con los objetivos estratégicos de la organización, con un objetivo claro, conciso, específico, alcanzable, realista y medible con una alta probabilidad de éxito. Que cuenten con la aprobación y apoyo de la alta dirección (Gutiérrez, 2013).

2.2.6.4. Etapa MEDIR (M)

Segunda fase de DMAMC, donde se entiende y cuantifica mejor la magnitud del problema. Además, se debe mostrar evidencia de que se tiene un sistema de medición adecuado (Gutiérrez, 2013).

En esta etapa, el proceso se define a nivel más detallado para entender su funcionamiento, se establecen las métricas para evaluar el éxito del proyecto (las Y's) y se analiza y valida el sistema de medición para medir la línea base o situación actual y definir el punto de inicio del proyecto.

Las herramientas más utilizadas en esta etapa son las siguientes: Mapa de procesos a nivel más detallado, análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF), estudios de reproducibilidad y repetibilidad (R & R), estudios de capacidad y estabilidad del proceso, entre otros.

2.2.6.5. Etapa ANALIZAR (A)

Tercera etapa de DMAMC, en donde se identifican y confirman las causas, además se entiende cómo generan el problema (Gutiérrez, 2013).

En esta etapa se trata de entender cómo y por qué se genera el problema e identificar las causas raíz del problema (las X's vitales). De acuerdo con Delgado (2015), en esta etapa se desarrollan hipótesis sobre posibles causas de variabilidad, utilizando la estadística inferencial y se establecen relaciones causa-efecto entre las variables de respuesta.

Las herramientas más utilizadas en esta etapa son las siguientes: diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, mapa de procesos, diseño de experimentos (DOE), prueba de hipótesis, entre otros.

2.2.6.6. Etapa MEJORAR (M)

Cuarta etapa de DMAMC en donde se proponen, implementan y evalúan soluciones que atiendan las causas raíz del problema (Gutiérrez, 2013).

Es importante resaltar que las soluciones propuestas en esta etapa deben atender a las causas raíz del problema y no sus efectos; por lo tanto, deben corregir el problema existente y prevenir nuevos problemas en el futuro.

Las herramientas más utilizadas en esta etapa son las siguientes: diseño de experimentos (DOE), Poka-Yoke, lluvia de ideas, entre otros.

2.2.6.7. Etapa CONTROLAR (C)

Última etapa de DMAMC en donde se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X's vitales) y se cierra el proyecto (Gutiérrez, 2013). Lo que se busca en esta etapa es asegurar que las mejoras y los logros obtenidos sean perdurables en el tiempo para certificar el éxito continuo.

Según Pyzdek (2003), para mantener estos logros es recomendable tomar en cuenta lo siguiente:

- Cambio de políticas, es probable que algunas deban cambiar o implantarse como resultado del proyecto.
- Nuevos estándares; si la empresa cuenta con algún estándar que ayude a mantener lo logrado, debería realizarse el cambio pertinente.
- Modificar procedimientos.
- Modificar el criterio de la evaluación de la calidad.
- Cambio de los planos de ingeniería
- Cambio del planeamiento de la producción.

Las herramientas más utilizadas en esta etapa son las siguientes: las gráficas de control, las hojas de verificación o *check list*, entre otros.

2.2.6.8. Implementación de la metodología

Gutiérrez (2013) indica que la implementación de la estrategia Seis Sigma, por lo general, recae en un comité directivo, que opera la estrategia de implementación, establece el programa de entrenamiento e impulsa Seis Sigma en toda la organización.

Por su parte, Krajewski *et al.* (2008) indica que para tener un programa Six Sigma exitoso se debe entender que no es un producto que se pueda comprar, sino que requiere compromiso y tiempo.

Implementar una iniciativa de calidad Six Sigma supone principalmente un cambio radical y cultural en la forma en que una organización se percibe a sí misma e interactúa con el entorno. Existen diferentes técnicas y prácticas, como la forma en que los procesos y funciones pueden unificarse y controlarse mediante mediciones de características críticas para la calidad, pero el principal reto individual será el cambio en las actitudes de todos los empleados (Tennant, 2001).

Asimismo, el autor también indica que existen varias razones por las cuales el cambio y la calidad, por lo general, mueren dentro de las organizaciones, los cuales se muestran a continuación:

- Mala visión y planeación.

- Falta de compromiso ejecutivo y un verdadero cambio en la conducta.
- Poca participación del personal, conflictos culturales.
- Pocas mediciones para calibrar las mejoras de la Administración Total de la Calidad en el largo plazo.
- La administración del cambio y la mejora de procesos no trabajan en conjunto.
- Una burocracia demasiado celosa que desalienta la administración de la calidad.
- No hay un compromiso de largo plazo a las mejoras continuas de calidad.

2.3. Marco conceptual

2.3.2. Glosario

- AMEF o FMEA: Metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (*Failure Mode and Effects Analysis*).
- DMAMC o DMAIC: Metodología de cinco fases, cuyo nombre proviene de las siglas de cada una de sus etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.
- N.E.: No exportable.
- RPN: Índice de prioridad de riesgo o *Risk Priority Number* (en inglés) de la herramienta AMEF.
- SIPOC: Herramienta de calidad que permite visualizar los aspectos críticos del proceso, su nombre proviene de las siglas en inglés de *Supplier, Input, Process, Output and Customer*.

CAPÍTULO III: LA EMPRESA

3.1. Descripción de la empresa

La empresa en estudio pertenece al sector textil y confecciones del Perú, cuenta con 27 años de experiencia en el mercado nacional e internacional y se encuentra dentro de las 10 empresas más importantes del sector.

La Empresa cuenta con tres plantas textiles a nivel nacional: Planta N° 6 en Pisco, Planta N° 2 en Trujillo y Planta N° 5 en Lima, las que le permiten desarrollar su actividad principalmente en el sector textil algodónero, en el que maneja procesos verticalmente integrados que abarcan desde el desmotado de algodón hasta el acabado de tejidos planos y, a los que puede sumarse, el proceso de confección de prendas de vestir realizados a través de su subsidiaria.

En el ámbito comercial internacional, la empresa participa con hilados de algodón de fibras largas y extra largas, así como también con hilados de fibras sintéticas mezcladas con algodón, tejidos de algodón o de mezclas con fibras sintéticas y prendas de vestir de algodón que son comercializadas por marcas de prestigio internacional.

Aunque la empresa tiene una marcada orientación exportadora, su presencia en el mercado nacional se ve reflejada en el importante abastecimiento de hilado y de tejidos de algodón y de mezclas que brinda a los principales confeccionistas exportadores de prendas de vestir y en la destacada posición que ocupa en la venta de prendas a través de sus marcas propias.

La empresa destaca que su integración vertical en el rubro algodónero representa una importante fortaleza en el mercado mundial y le otorga ventajas competitivas; ya que, puede ofrecer a los exigentes compradores internacionales el control total del proceso productivo, poniendo especial énfasis en la diferenciación hacia la alta calidad, rápida respuesta y excelencia en el servicio.

3.1.1. Sector y actividad económica

De acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU – Revisión 4), a la empresa en estudio le corresponde la codificación del tipo 1311, que hace referencia a las actividades de preparación e hilatura de fibras textiles.

3.1.2. Perfil organizacional

3.1.2.1. Misión

“Empresa textil diversificada y verticalmente integrada. Formamos parte de una corporación que se distingue por su manejo profesional del riesgo y que posee una sólida imagen. Trabajamos para satisfacer los más exigentes estándares de calidad de nuestros clientes en el mundo, basados en capacidad innovadora, flexibilidad y vocación de servicio.

Contamos con un equipo humano especializado, identificado y comprometido con la empresa, con afán de realización personal. Orientamos nuestras operaciones para lograr un retorno atractivo para los inversionistas, generando los recursos que permitan diferenciar el crecimiento.

Buscamos integrar cadenas de suministro con proveedores de bienes y servicios y trabajamos estrechamente con ellos, para mantener y mejorar la calidad de estos insumos. Promovemos un accionar con responsabilidad social y ambiental”.

3.1.2.2. Visión

“Empresa textil totalmente integrada e innovadora, cuya flexibilidad le permite ser referente mundial de productos textiles diversificados de calidad para reconocidas marcas internacionales y propias, orientados al segmento alto, cuyas operaciones eficientes permitan una alta rentabilidad.

Con un accionar basado en la investigación y desarrollo que otorga satisfacción y rápida respuesta a sus clientes, ofreciendo sus productos a través de distintos canales de distribución y puntos de venta, y actuando acorde a las normas del buen gobierno corporativo”.

3.1.2.3. Valores

- Capacidad de anticipación y permeabilidad al cambio: Innovación y flexibilidad.
- Conducta Ética: Respeto, integridad, compromiso, disciplina, puntualidad.
- Calidad total: Costo, servicio y oportunidad)
- Responsabilidad Social.
- Trabajo en equipo.

3.1.2.4. Política de Calidad

“Interpretar las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, estableciendo especificaciones y parámetros de procesos que nos permitan proveerlos de productos que satisfagan e incluso excedan sus expectativas.

Esto se logra gracias a un personal altamente calificado, al uso de materia prima y accesorios selectos, a la innovación de productos y procesos, al empleo de tecnología de punta, que permitan adaptarnos rápidamente a las nuevas necesidades del mercado, respetando el medio ambiente y siendo socialmente responsables”.

3.1.3. Organización

A continuación, en la Figura N° 8 se muestra el organigrama de la planta ubicada en Lima y sede donde se desarrolló la presente tesis:

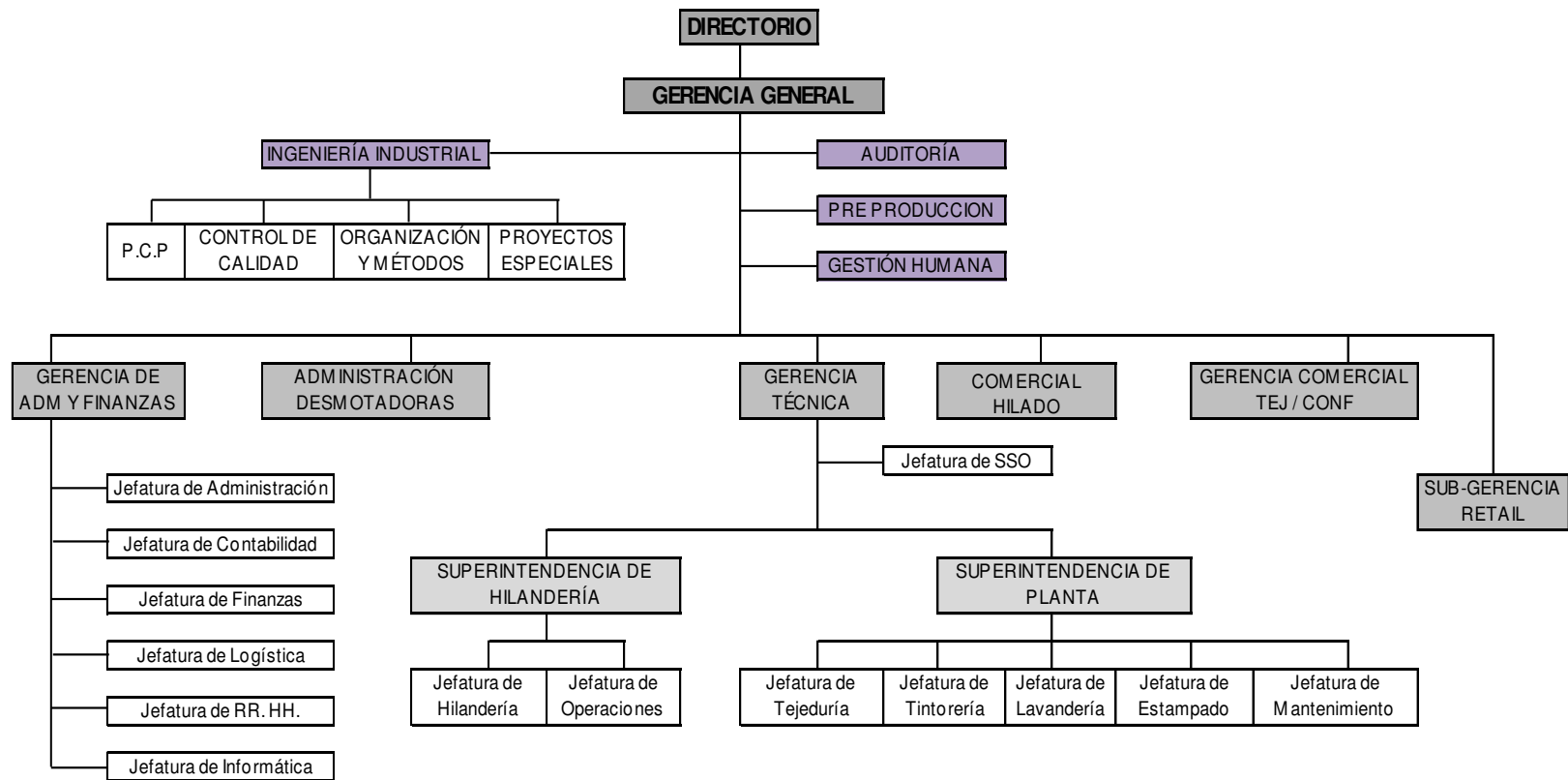


Figura N° 8: Organigrama de la empresa en estudio.

Fuente: La empresa en estudio.

3.2. Descripción del producto

Debido a la integración vertical que posee la empresa, se gestiona la producción y comercialización de tres unidades de negocio: Hilados, telas y prendas. Cada unidad de negocio cuenta características propias y procesos diferenciados.

La participación de cada unidad de negocio en las ventas de la empresa se muestra en la Figura N° 9.

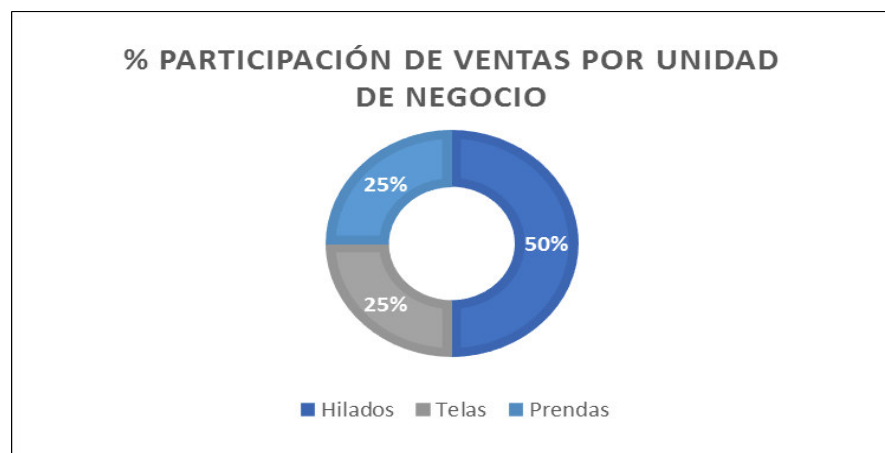


Figura N° 9: Gráfico de anillos del porcentaje de participación de cada unidad de negocio en las ventas de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Hilados

La empresa comercializa hilados de algodón de fibra larga y extra larga, así como sus mezclas con fibras sintéticas y pueden ser vendidos como hilados cardados, hilados peinados, hilados compactos, hilados *open end*, hilados retorcidos o hilados gaseados, desde título 6/1 inglés hasta 160/2. Adicionalmente a la versión en hilo crudo, si el cliente lo requiere, los hilados pueden ser derivados a la tintorería de hilos y ser vendidos como hilado blanqueado o teñido.

3.2.2. Tejidos

La empresa comercializa tejidos planos de algodón y sus mezclas en los principales ligamentos textiles: tafetán, sarga, satén, oxford y dobby. Y éstos

pueden ser procesados bajo una amplia gama de acabados que incluyen procesos secos o húmedos, y son entregados a los clientes en rollos que se conocen internamente como piezas.

De acuerdo con la normativa de la empresa, cada tipo de tejido es diferenciado con la asignación de un código, que internamente se conoce como artículo. Hasta la fecha se tienen más de 5000 artículos creados por la empresa.

Un punto importante para resaltar en esta unidad de negocio es el desarrollo de las colecciones. Una colección es un conjunto de propuestas que son desarrolladas por el Departamento de Pre Producción en base a una profunda investigación y cuidadoso análisis de las tendencias mundiales y que son presentadas a través de portafolios conocidos como Libros de Colección. Estos libros de colección se utilizan como herramientas de venta en las ferias internacionales, convenciones y misiones comerciales en las que participa la empresa.

3.2.3. Prendas

Para el caso de las prendas, éstas se confeccionan de acuerdo con los requerimientos de los clientes a través de la subsidiaria de la empresa y, para su manufactura, se toman en cuenta aspectos como el tipo de tejido, diseño de la prenda, ratios de producción, uso de complementos, tipo de costura y puntada, entre otros.

La empresa comercializa como prenda final, prendas confeccionadas principalmente con telas de tejido plano, aunque también comercializa prendas confeccionadas con tejido de punto, para las cuales terceriza el tejido de este tipo de telas.

3.3. Descripción del proceso productivo

La empresa en estudio cuenta con certificación ISO 9001:2015, razón por la cual, su modelo de gestión está basado en el enfoque por procesos. La adopción de

este enfoque le ha permitido la identificación plena de las interacciones existentes entre los procesos y la gestión eficiente de los mismos (Figura N° 10).

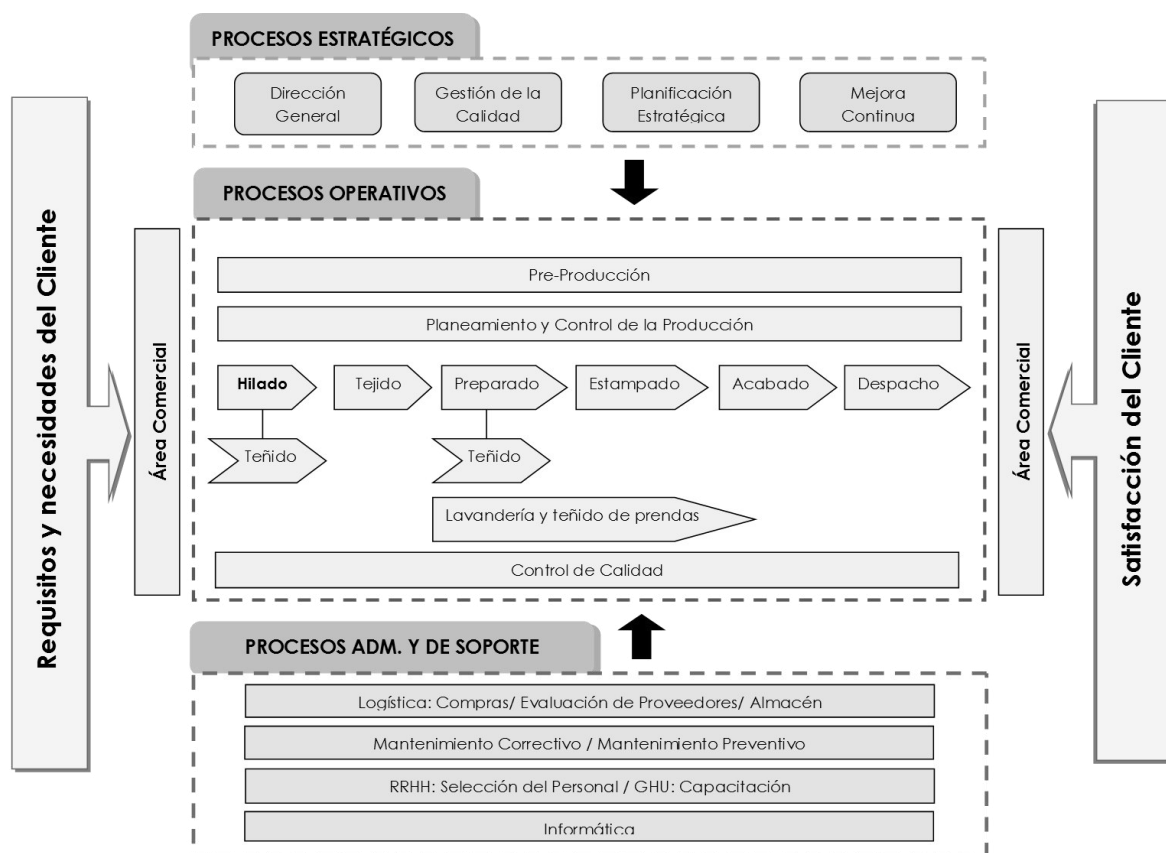


Figura N° 10: Interacciones existentes entre los procesos.

Fuente: La empresa en estudio.

El tipo de producción actual de la empresa es por lotes o *batch*, ya que, se produce una diversidad de productos con una cantidad limitada por vez. Por consiguiente, el proceso productivo en la empresa empieza por la colocación de una orden de producción de parte del cliente a través del Área Comercial y termina con el despacho del producto final que puede ser hilado, tela o prenda.

Para el primer caso, las fibras textiles, que pueden ser abastecidas localmente por las desmotadoras de la empresa o externamente por proveedores, ingresan al proceso de hilatura para fabricar hilado de acuerdo con los requisitos establecidos por el cliente en la orden de producción. El proceso productivo puede terminar en la hilatura de las fibras o en el teñido de los hilados.

Para el segundo caso, cuyo producto final es la venta de telas, el proceso productivo continúa con el tejido de los hilos y el posterior procesamiento húmedo y seco en la tintorería.

Para el tercer caso, se derivan las telas producidas en la empresa a la subsidiaria de confecciones para la manufactura y posterior acabado de las prendas. Asimismo, en este caso se puede incluir también el lavado y teñido de prendas, los cuales se realizan en el área de lavandería de la empresa.

A continuación, en la Figura N° 11 se muestra de manera general el flujo de producción que se desarrolla en la empresa y el producto que puede ser producido en cada etapa.

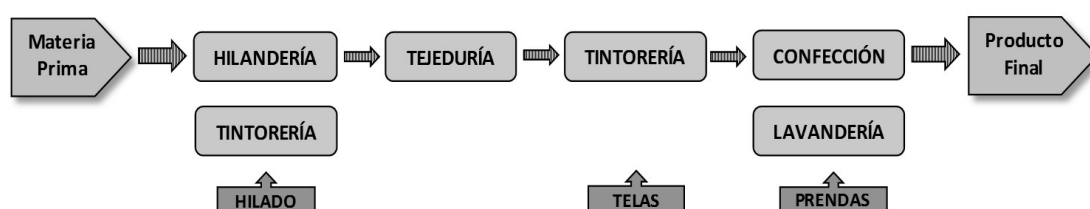


Figura N° 11: Diagrama del flujo de producción de la empresa en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura N° 11, existe interacción entre los procesos; ya que, el *output* de uno puede ser el *input* del proceso siguiente.

3.3.1. Áreas participantes en el proceso productivo

A continuación, se describirán las principales áreas que participan en el proceso productivo descrito anteriormente:

3.3.1.1. Área de Pre Producción

El área de Pre Producción, que a su vez está conectada e integrada a la Unidad de Desarrollo de Producto de Prendas, se encarga de atender e interpretar los

requerimientos de los clientes para desarrollar propuestas acordes a las especificaciones y limitaciones del producto. De esta forma, las actividades desarrolladas por esta área abarcan desde el diseño de producto, desarrollo de producto, selección de materiales, validación y seguimiento, desde la etapa del prototipo hasta la fabricación del producto final.

Asimismo, esta área también es la encargada de la generación de colecciones propias por temporada, que incluyen innovadoras propuestas de tejidos de hilo de color, estampados y teñidos; en una amplia variedad de estructuras de tejido donde pueden combinarse también efectos de lavandería en prenda.

3.3.1.2. Área de Planeamiento y Control de la Producción

Esta área cumple una función de vital importancia para la empresa; ya que, es la encargada de planificar y gestionar estratégicamente todos los esfuerzos y recursos necesarios para el cumplimiento de lo solicitado por el cliente, de acuerdo a sus especificaciones de calidad, plazos establecidos y cantidad requerida.

Debido a que la empresa posee una integración vertical, los esfuerzos de esta área se despliegan desde el primer eslabón de la cadena productiva textil, el abastecimiento de fibras textiles, hasta el acabado del producto final (hilo, tela o prenda).

3.3.1.3. Área de Hilandería

Esta área es la encargada de la producción de los hilados, que son formados por masas compactas de fibras o de mezcla de fibras con una longitud limitada, colocadas paralelamente entre sí y ligadas por medio de una torsión.

Para la hilatura de las fibras textiles, se consideran como parámetros el tipo de fibra o fibras participantes en la hilatura, el porcentaje de participación de cada una de las fibras, el título resultante, torsión, acabado, entre otros.

A continuación, en la Figura N° 12 se muestra el diagrama general del proceso de hilatura, éste puede ser modificado de acuerdo con los requerimientos de los clientes: hilado peinado, hilado cardado, hilado open end, hilado con mezcla de fibras sintéticas o hilado con mezcla de fibras regeneradas.

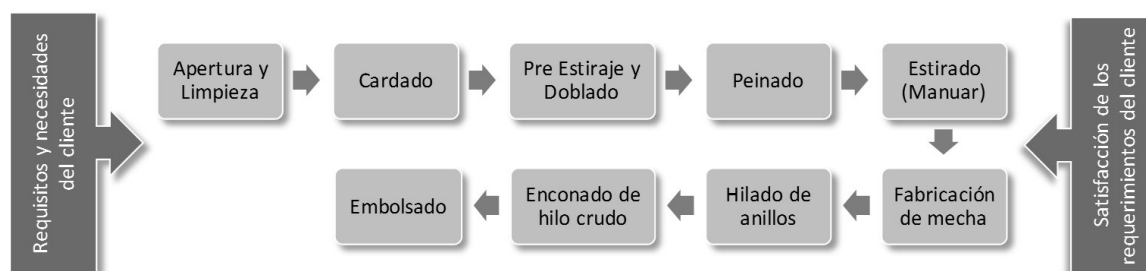


Figura N° 12: Diagrama general del proceso de hilatura.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.4. Área de Tejeduría

El área de la tejeduría es la encargada de la producción de tejidos planos (Figura N° 13) por medio del cruzamiento de dos series perpendiculares de hilos: La serie vertical conocida como urdimbre y la serie horizontal conocida como trama.

Para cumplir con esta función, esta área se divide en dos secciones:

- La pre tejeduría: Es la sección que se encarga de la preparación de los hilos de urdimbre a través de procesos de urdido, engomado y remetido antes de su ingreso a la sala de telares.
- La sala de telares: Sección que se encarga propiamente del tejido de los artículos en los telares de calada.

Para la producción de los tejidos se toman en cuenta parámetros como el tipo de hilado participante (título, composición, torsión, valores de calidad), tanto de urdimbre como de trama, % encogimiento de los hilos de urdimbre y trama, el ligamento, densidad y factor de cobertura, entre otros.

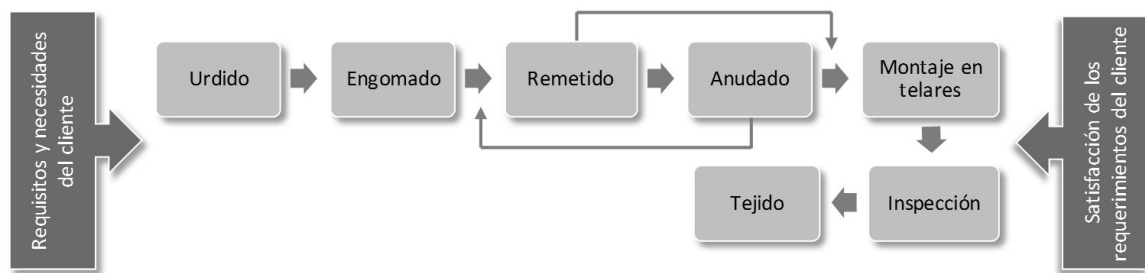


Figura N° 13: Diagrama general del proceso de tejido plano.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.5. Área de Tintorería

Esta área se encarga de las etapas de preparación, teñido y acabado del sustrato textil recibido (Figura N° 14). Estas etapas dependen del tipo de material textil a procesar, ya sea hilo o tejido, y del tipo de fibra o mezcla de fibras; y pueden incluir procesos húmedos y/o secos como chamuscado, termofijado, desengomado, descrudado, blanqueo, mercerizado, teñido, suavizado, calandrado, sanforizado, entre otros.

Adicionalmente, si el material textil a procesar en la tintorería es un tejido, el diagrama de proceso puede ser modificado de acuerdo con el tipo de tejido a procesar: tejidos con diseños formados por el cruzamiento de hilos teñidos, tejidos teñidos, tejidos estampados; y de acuerdo al tipo de acabado solicitado: suavizado, calandrado, perchado, entre otros.

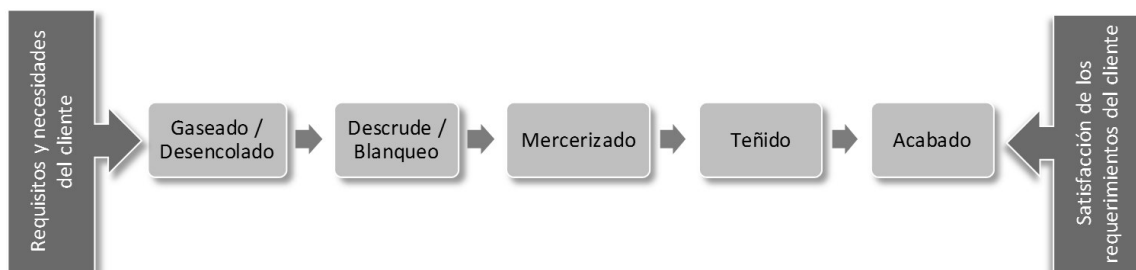


Figura N° 14: Diagrama general del proceso de tintorería.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.6. Área de Estampado

El área de estampado es la encargada de dotar al material textil de valor agregado por medio de la aplicación completa o parcial de uno o más colores en diseños nítidamente definidos. Esta área realiza estampados reactivos, estampados pigmento, estampado por corrosión, entre otros.

3.3.1.7. Área de Lavandería

En el área de lavandería se procesan prendas por medio de teñidos, lavados y acabados especiales, de acuerdo con los requerimientos establecidos por los clientes. El proceso de lavandería es solo considerado si el producto final requerido por el cliente es una prenda.

3.3.1.8. Área de Inspección y doblado.

Esta área se encarga de la verificación de calidad y enrollado de las telas que terminaron de procesarse y están próximas a ser despachadas a los almacenes de producto terminado. Esta verificación de calidad es realizada por medio del Sistema de Calificación de Cuatro Puntos.

3.4. El control de calidad en la empresa

De acuerdo con la política establecida por la empresa en estudio, el control de calidad se realiza permanentemente en el proceso productivo y se despliega desde la verificación del estado de las fibras textiles hasta la verificación de las especificaciones del producto final.

El control de calidad se realiza a cada orden de producción, es decir, se controla cada lote de hilado, lote de tela o programa de prendas mediante inspecciones o pruebas de muestreo, lo que le permite a la empresa verificar las características del proceso o producto y garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos por el cliente.

A continuación, en la Tabla N° 2 se detallan algunos de los principales controles que se realizan durante el proceso productivo y al producto final para validar el cumplimiento de los requisitos establecidos por el cliente. Cabe resaltar que la cantidad de éstos dependerá de los requerimientos de los clientes y del mercado de destino.

HILADOS	TELAS	PRENDAS
<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de la resistencia a la tracción del hilo. • Verificación de la elongación del hilo. • Prueba de irregularidad de masa de hilo %CV. • Verificación del valor de imperfecciones (partes delgadas, partes gruesas, neps). • Verificación del valor de pilosidad. • Verificación del título nominal del hilo. • Verificación de la torsión nominal del hilo. • Verificación del coeficiente de fricción del hilo. • Verificación de densidad de bobinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección de calidad de tela (tela cruda, tela preparada, tela teñida, tela acabada). • Evaluación de hidrofiliidad. • Evaluación de pH. • Evaluación de color en el caso de tela teñida o verificación de grado de blanco en telas blancas. • Evaluación de Orillo Centro. • Evaluación de resistencia (a la abrasión, a la tracción, al pilling, etc). • Evaluación de solideces (al lavado, al frote, a la luz, al agua, a la transpiración, etc). • Evaluación de encogimientos de urdimbre y trama. • Evaluación de distorsión de trama. • Evaluación de ancho de tela en proceso y tela acabada. • Evaluación de apariencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de las cotas de la prenda. • Evaluación de diferencia de tonos entre piezas. • Evaluación de resistencia (a la abrasión, al pilling, etc). • Evaluación de solideces (al lavado, al frote, a la luz, al sudor, etc). • Evaluación de nivel de inflamabilidad. • Evaluación de encogimientos. • Evaluación de la calidad de las prendas de acuerdo al AQL establecido. • Evaluación de contenido de plomo en las prendas y materiales utilizados en la confección. • Evaluación de contenido de formaldehído en las prendas. • Evaluación de contenido de ftalatos en las prendas.

Tabla N° 2: Principales controles realizados por la empresa en estudio para validar el cumplimiento de los requisitos de calidad.

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que el producto en estudio son las telas que produce la empresa, a continuación, se explicará el sistema de calificación de cuatro puntos, que es el sistema que ha adoptado la empresa para calificar la calidad de este producto.

3.4.1. El sistema de calificación de cuatro puntos

La empresa en estudio utiliza para la inspección y clasificación de la calidad de los tejidos planos que produce el Sistema de Calificación de Cuatro Puntos. El reglamento de este sistema, más generalizado y de uso mundial, está establecido en el Reporte Técnico N° 00150541 elaborado por el *Intertek Testing Services* (ITS) del Perú, a solicitud del Comité Textil de la Sociedad Nacional de Industrias, en una búsqueda del establecimiento de una norma técnica peruana sobre el tratamiento de los tejidos planos en las Aduanas del Perú. Este sistema cuenta a su vez con la aprobación de las siguientes organizaciones internacionales:

- ASTM (*American Society for Testing and Materials*).
- AAMA (*American Apparel Manufacturer Association*).
- ECMA (*European Clothing Manufacturing Association*)

La inspección de tejidos es la auditoria de calidad que se realiza a solicitud de una parte, generalmente el comprador, para verificar si la contraparte (fabricante o comerciante de textiles) cumple con lo pactado en términos de calidad (ITS, 2000).

Este sistema brinda pautas para la correcta identificación, categorización y calificación de los defectos de los tejidos planos, y establece los lineamientos para la utilización del sistema de calificación de cuatro puntos en base a penalidades, criterios y tolerancias. Asimismo, brinda recomendaciones de las condiciones de inspección y de los puntajes máximos para tejidos de primera calidad.

La empresa en estudio en base a las recomendaciones presentadas por el ITS para este sistema tiene establecidos puntajes máximos para la calificación de las piezas de primera calidad, lo cual le permite verificar y controlar la calidad del producto final.

3.4.2. Clasificación de los defectos de calidad

La empresa en estudio, en base a los lineamientos establecidos por el ITS para el sistema de calificación de cuatro puntos y a la experiencia adquirida a lo largo de su trayectoria, ha definido y categorizado defectos de calidad de tela por área de origen. En este contexto, esta clasificación de defectos permite la calificación correcta de defectos de hilandería, tejeduría, tintorería y estampado; y controlar su frecuencia e impacto por medio de indicadores.

Asimismo, la empresa en estudio, de acuerdo con lo establecido en su sistema de gestión de calidad, tiene documentada esta clasificación de defectos de calidad de tela en una instrucción de trabajo de su manual de calidad, la misma que se muestra en el Anexo N° 2.

3.5. El sistema de gestión de calidad en la empresa

La empresa cuenta con certificaciones internacionales como ISO 9001:2015, BASC, WRAP, OEKO-TEX y GOTS; y basa su Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en la norma internacional ISO 9001:2015 y su equivalente nacional NTP ISO 9001:2008, con el fin de demostrar su capacidad para proporcionar a los clientes productos que cumplan con sus requisitos y con los objetivos establecidos dentro de la organización.

El SGC de la empresa en estudio está documentado y establecido en su manual de calidad y complementado con normas, procedimientos e instrucciones de trabajo para la realización de tareas específicas y trabajos administrativos (Figura N° 15). Estos documentos se mantienen en la empresa como medio para asegurar la conformidad de los productos y servicios respecto de los requisitos y exigencias de los clientes.

El alcance del SGC involucra a todos los procesos que influyen en la capacidad de la empresa en estudio para entregar productos que cumplan con los requerimientos del cliente, desde los procesos de desarrollo, fabricación y comercialización de productos textiles (hilados, tejidos), así como desarrollo y comercialización de confecciones.

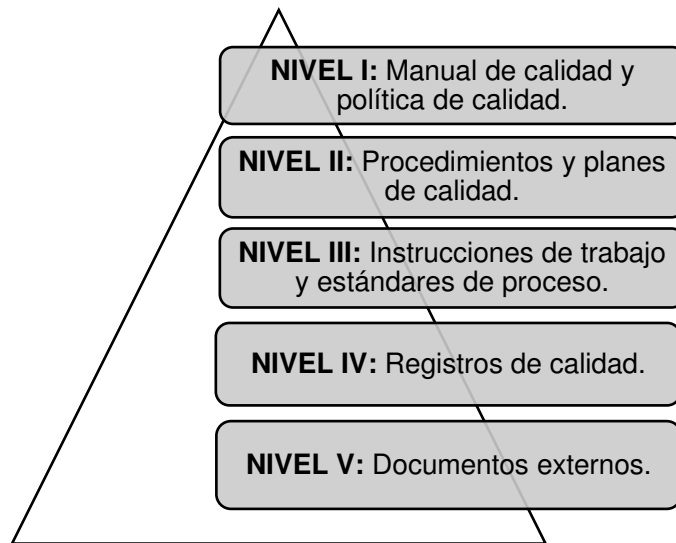


Figura N° 15: Estructura documental del SGC de la empresa en estudio.

Fuente: La empresa en estudio.

La empresa, además, ha declarado en su manual de calidad el proceso de mejora institucional, el mismo que se desarrolla como un proceso sistémico en el que se determinan de manera eficaz oportunidades de mejora, acciones correctivas y acciones preventivas, canalizadas a través del Departamento de Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Indicadores de gestión de calidad

Como ya se explicó en el Capítulo I, la presente tesis se enmarca en mejorar los procesos de producción de telas de la empresa en estudio, y es por esta razón que a partir de este capítulo todo lo que se desarrollará estará referido solo a esta unidad de negocio.

El indicador de gestión de calidad más importante de la producción de telas es el % N.E., este indicador engloba a todos los metros de tela que no pueden ser exportados o entregados a los clientes locales, porque no cumplen con los requerimientos de calidad solicitados por éstos o con los parámetros establecidos por la empresa y resulta, a su vez, de la sumatoria de otros indicadores de gestión de calidad que se describen a continuación:

- **Indicador de Segunda Calidad (% Segunda):** Indicador que permite cuantificar los metros de tela que presentan defectos de calidad generados por las diferentes áreas que participan en el proceso productivo. Por lo tanto, este indicador resulta de la sumatoria de % Segunda Hilandería, % Segunda Tejeduría, % Segunda Tintorería y % Segunda Estampado.
- **Indicador de Pieza Chica (% Pieza chica):** Como ya se explicó anteriormente, la tela es entregada al cliente en piezas. Éstas son formadas por el enrollado de cortes de tela libres de defectos de calidad que se conocen internamente como empalmes y que deben de cumplir con un metraje mínimo de 15 metros. En este contexto, aquellos metrajes que no cumplan con el tamaño mínimo son calificados como Piezas Chicas y este indicador permite medir los metros de tela con esta condición.
- **Indicador de Muestras (% Muestras):** Para efectos de facilitar la trazabilidad del producto, la empresa en estudio extrae cortes de tela de

todos los lotes de producción y se archivan como referencia de lo entregado al cliente. Estos cortes de tela se conocen como Muestras y son cuantificados con este indicador.

- **Indicador de Retazos (% Retazos):** Permite cuantificar los metros de tela que no pertenecen a ninguna de las categorías anteriores, pero no pueden ser calificados como primera ni segunda calidad.

A continuación, en la Figura N° 16 se muestra de manera gráfica la obtención del indicador % N.E.:

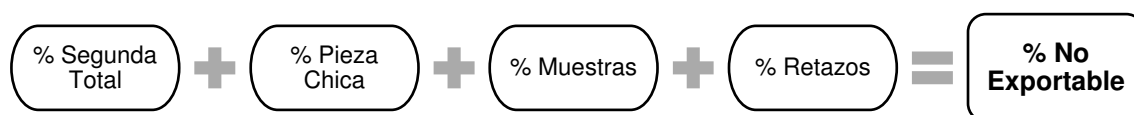


Figura N° 16: Obtención del indicador porcentaje N.E.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 3 se muestran los valores de los indicadores descritos y obtenidos durante el primer semestre del año 2015:

Indicadores	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
% Primera	92.38	94.25	94.72	93.43	93.51	92.05
% Segunda	6.24	4.63	4.00	5.19	5.21	6.76
% Pieza chica	0.54	0.40	0.60	0.66	0.53	0.47
% Muestras	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.12
% Retazos	0.68	0.57	0.56	0.59	0.62	0.61
% N.E.	7.62	5.75	5.28	6.57	6.49	7.95

Tabla N° 3: Indicadores de gestión de calidad de la producción de telas (Enero - Junio 2015).

Fuente: Elaboración propia.

El indicador de % N.E. tiene un objetivo de calidad definido del 4.00%, y como se aprecia en la Tabla N° 3, durante el primer semestre del año 2015 no se alcanzó este objetivo; ya que, los valores obtenidos fueron mayores a éste.

Se observa también que el % N.E. durante este periodo estuvo principalmente formado por el % Segunda con una participación del 81.0 %, seguido del % Retazos con el 9.0 %, el % Pieza Chica con el 8.0 % y finalmente el % Retazos con el 2.0% (Figura N° 17).

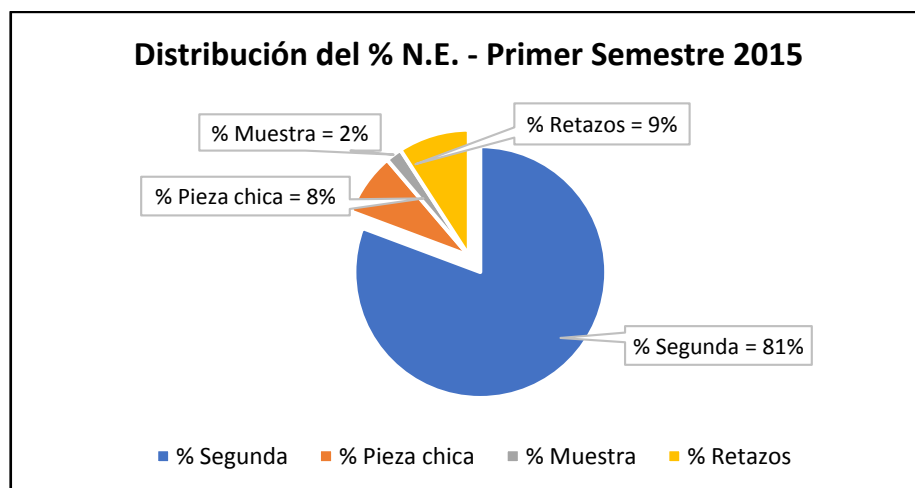


Figura N° 17: Distribución del porcentaje N.E. - Primer semestre del año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se aprecia que existe una fuerte relación entre el % Segundas y el % N.E. obtenidos en este periodo, que se ve reflejada gráficamente en la Figura N° 18.

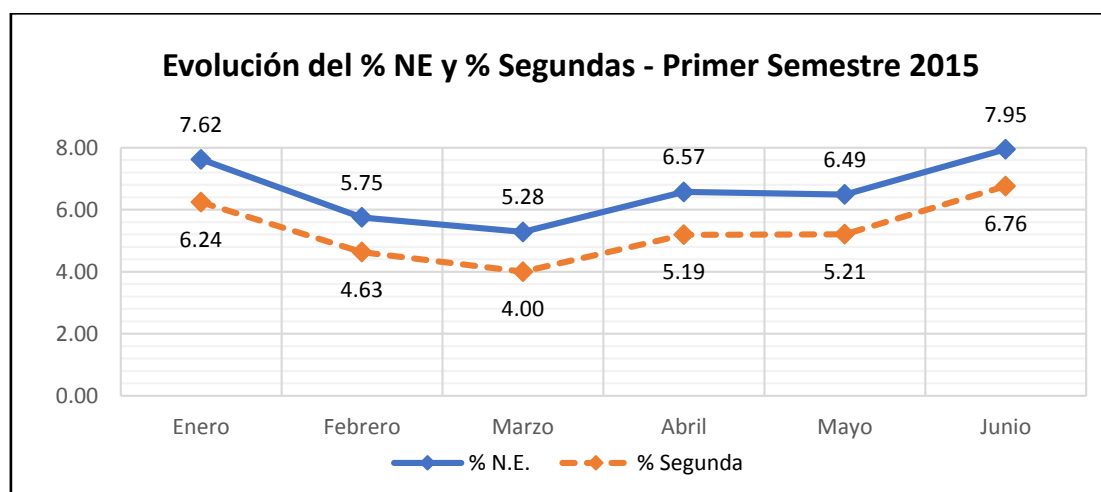


Figura N° 18: Porcentaje de N.E. y porcentaje de segunda - Primer semestre del año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Para demostrar numéricamente esta relación, a continuación, se realiza el análisis de regresión lineal y correlación utilizando el método de mínimos cuadrados. Mediante este método, de existir relación entre dos variables X e Y, ésta se definirá de forma lineal de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Y = a + bX$$

Donde:

- Variable Y: Variable dependiente.
- Variable X: Variable independiente.
- Coeficiente de regresión a: Intersección.
- Coeficiente de regresión b: Pendiente.

▪ Fórmulas para el cálculo de los coeficientes de regresión

X= Indicador % Segunda

Y= Indicador % No Exportable

n=Número de datos

$$\text{Coeficiente de regresión } b = \frac{n \sum x.y - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\text{Coeficiente de regresión } a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

▪ Fórmulas para el cálculo del coeficiente de correlación

$$\text{Coeficiente de correlación } R^2 = 1 - \frac{Se^2}{S_y^2}$$

$$\text{Error estándar estimado } Se = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{n - 2}}$$

Varianza de la variable $S_y^2 = \frac{\sum y^2}{n} - \bar{y}^2$

Previamente al cálculo de los coeficientes de regresión y correlación, se grafica el diagrama de dispersión de las dos variables, utilizando los resultados de los indicadores % Segunda y % No Exportable obtenidos durante el primer semestre del año 2015 (Figura N° 19).

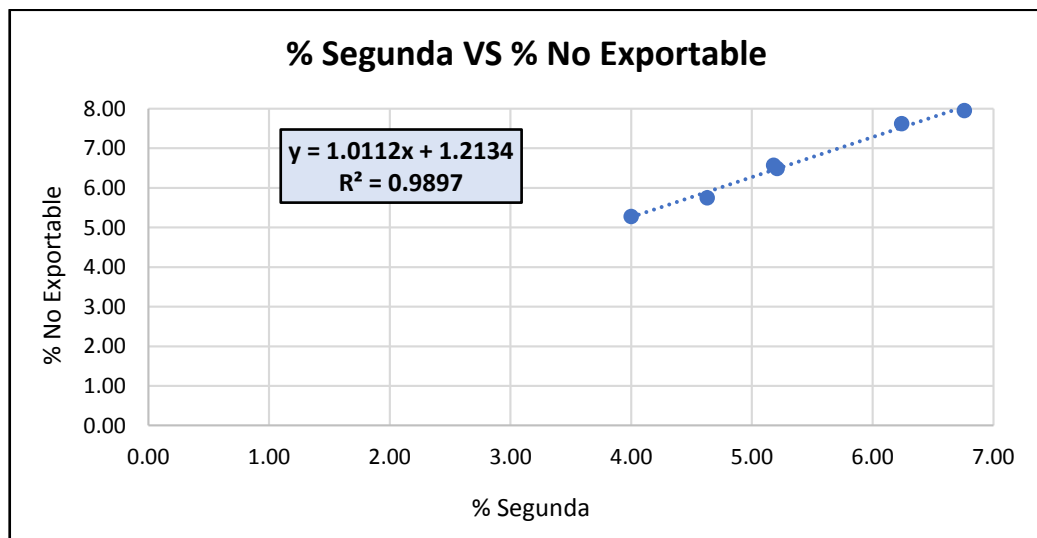


Figura N° 19: Diagrama de dispersión de los indicadores porcentaje de segunda y porcentaje no exportable – Primer semestre del año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 19 se observa que los puntos se acercan mucho a una línea recta, lo cual indica que la suposición de linealidad entre las dos variables es razonable. Asimismo, esta recta de regresión queda ajustada bajo la siguiente ecuación:

$$Y = 1.0112 X + 1.2134$$

Para verificar la ecuación anterior, a continuación, se realizan los cálculos previos a la aplicación de las fórmulas establecidas para la obtención de los coeficientes de regresión. Los resultados se muestran en la tabla N° 4:

n	X	Y	X*Y	X*X	Y*Y
1	6.24	7.62	47.5488	38.9376	58.0644
2	4.63	5.75	26.6225	21.4369	33.0625
3	4.00	5.28	21.1200	16.0000	27.8784
4	5.18	6.57	34.0326	26.8324	43.1649
5	5.21	6.49	33.8129	27.1441	42.1201
6	6.76	7.95	53.7420	45.6976	63.2025
Totales	32.02	39.66	216.8788	176.0486	267.4928
Promedio	5.34	6.61			

Tabla N° 4: Resultados de los cálculos previos a la aplicación de las fórmulas de los coeficientes de regresión.

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados mostrados en la tabla N° 4, se aplican las fórmulas establecidas y se obtienen los coeficientes de regresión a y b.

n = 6.

$$b = \frac{6 \times 216.8788 - 32.02 \times 39.66}{6 \times 176.0486 - 32.02 \times 32.02} = \frac{31.3596}{31.0112} = 1.0112$$

$$a = \frac{39.66 - 1.0112 \times 32.02}{6} = \frac{7.2814}{6} = 1.2136$$

Al reemplazar los valores obtenidos como coeficientes de regresión a y b, se establece la ecuación $Y = 1.0112 X + 1.2136$, la cual es bastante cercana a la mostrada en la Figura N° 19. Por lo tanto, se comprueba que existe linealidad entre las dos variables % Segunda y % No Exportable.

Finalmente, se realizan los cálculos para la obtención del coeficiente de correlación, los mismos que se muestran a continuación:

$$Se = \sqrt{\frac{267.4928 - 1.2136 \times 39.66 - 1.0112 \times 216.8788}{6 - 2}} = \sqrt{\frac{0.0536}{4}} = 0.1158$$

$$S_y^2 = \frac{267.4928}{6} - 6.61^2 = 44.5821 - 43.6921 = 0.8900$$

$$R^2 = 1 - \frac{0.1158^2}{0.8900} = 1 - 0.0151 = 0.9849$$

El análisis de correlación intenta medir la fuerza de la relación entre dos variables por medio de un solo número denominado coeficiente de correlación (Walpole *et al.*, 2012).

Como se observa, el coeficiente de correlación calculado utilizando las fórmulas es también bastante cercano el mostrado en la Figura N° 19. Asimismo, como $R^2 = 0.9849$, se puede decir que aproximadamente el 98 % de la variación de los valores de Y (indicador % No exportable) es ocasionada por una relación lineal con X (indicador % Segunda).

4.2. Selección de la metodología

De acuerdo con los indicadores presentados anteriormente, se tiene un alto % Segundas que impacta negativa y directamente en el indicador %N.E., ocasionando que no se cumpla con el objetivo de calidad establecido para éste. Por lo tanto, para reducir y lograr el cumplimiento del objetivo de calidad propuesto para el %N.E., previamente se tiene que reducir el % Segundas, que engloba todos los metros de tela que presentan defectos de calidad generados en las diferentes áreas productivas.

En este contexto, se hace necesaria la inclusión de una estrategia de mejora continua que permita lograr la reducción del % Segunda y que, por ende, contribuya a la mejora de los procesos y de la calidad. La metodología Six Sigma aparece en este escenario como la alternativa más acorde; ya que, se enfoca en la mejora continua de las métricas de eficiencia operacional, a través de la identificación y eliminación de las principales causas de los errores, defectos y variaciones en todos los procesos.

Adicionalmente, otro punto importante que se presenta a favor de la utilización de esta metodología es que la empresa ya la ha utilizado anteriormente con resultados exitosos y, por lo tanto, ya no será necesario considerar un tiempo de adecuación y entrenamiento en esta metodología.

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

5.1. Tipo y diseño de la investigación

La presente tesis es una investigación de tipo aplicada y de diseño experimental. En primer lugar, es de tipo aplicada porque de acuerdo con Hayman (1969), la investigación aplicada es aquella “cuyo propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos” y la presente tesis lo que busca es solucionar un problema práctico que, en este caso, es mejorar los procesos en una empresa textil.

En segundo lugar, es de diseño experimental; ya que, según Hernández (2013), la investigación es experimental “si el investigador modifica deliberadamente las condiciones en las que se presenta el fenómeno que estudia” y, en este caso, se van a manipular las condiciones de algunas variables para obtener resultados que nos permitan contrastar la hipótesis planteada.

5.2. Variables por considerar

De acuerdo con Behar (2008), una variable es en principio un concepto que determina una cualidad de un objeto, es un atributo que puede variar de una o más maneras y que sintetiza conceptualmente lo que se quiere conocer acerca del objeto de investigación. Asimismo, Hernández (2013) menciona que una variable es una propiedad que puede variar, adquirir diversos valores, y cuya variación es susceptible de medirse.

Por lo tanto, de acuerdo con los dos enunciados anteriores, una variable adquiere valor para la investigación científica cuando su variación puede ser medible. Es en este contexto que, en la presente tesis se han considerado como variables a aquellas que permitan medir de forma directa los resultados y comprobar la hipótesis formulada. Por lo tanto, la variable independiente será la utilización de la Metodología Six Sigma y la variable dependiente será la cantidad de tela no exportable expresada en el indicador de gestión de calidad % No Exportable.

5.3. Fases de la Metodología Six Sigma

La metodología Six Sigma es una estrategia de mejora continua enfocada en el cliente y en mejorar el rendimiento y la productividad de los procesos o sistemas de negocio a través de la identificación y eliminación de defectos, errores o fallas. Y como ya explicado en el Capítulo II, esta metodología se desarrolla de forma rigurosa a través de cinco etapas o fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (en inglés DMAIC: *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*).

A continuación, en la Figura N° 20 se muestran estas etapas y se definen brevemente a manera de resumen antes de su desarrollo en los siguientes sub capítulos:

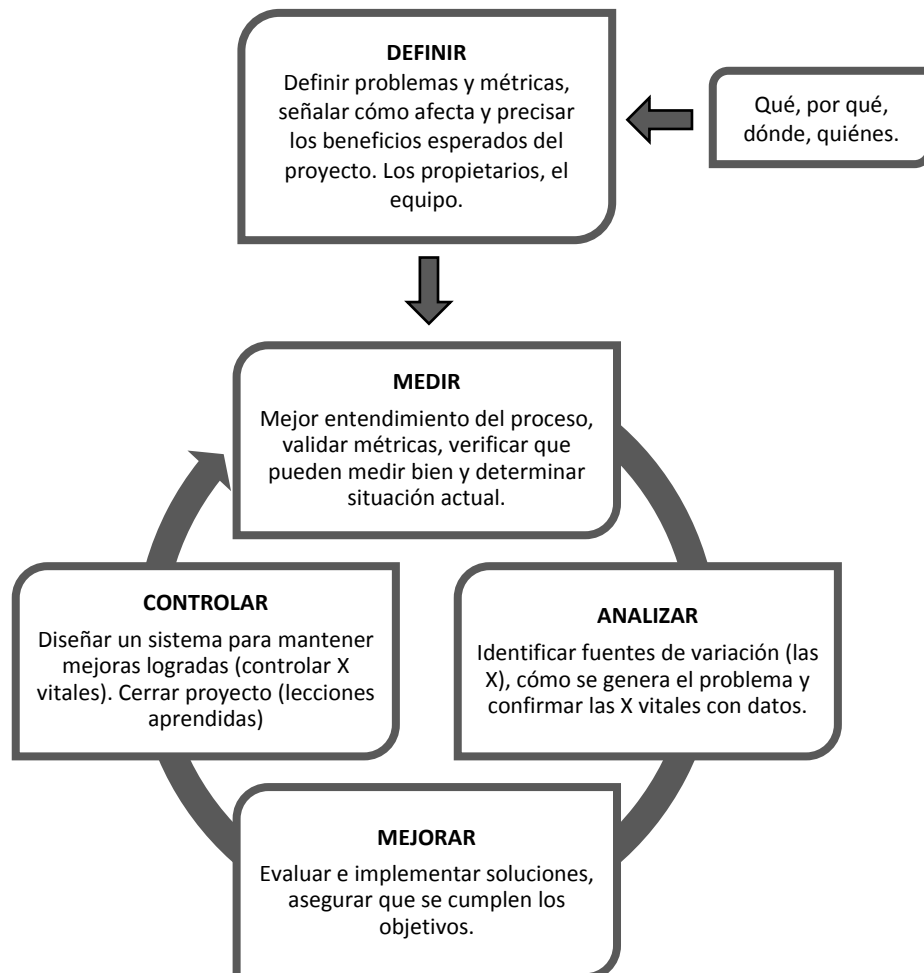


Figura N° 20: Las cinco etapas en la realización de un proyecto Six Sigma.

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (Gutiérrez, 2013).

5.4. Desarrollo de la fase DEFINIR

En este subcapítulo se empezará con el desarrollo de la metodología Six Sigma, por lo tanto, en esta primera fase denominada DEFINIR se definirá el problema a resolver y se clarificarán el objetivo y los beneficios potenciales del proyecto. Bajo esta premisa, se comenzará con la descripción e identificación del problema principal de la organización y se seguirá con el marco del proyecto, el diagrama SIPOC y finalmente se mostrará el diagrama de procesos.

5.4.1. Descripción e identificación del problema

Durante el primer semestre del año 2015 la empresa registró un incremento en los metros de tela que no cumplían con las especificaciones de calidad requeridas por los clientes. Esta situación generó entonces que, durante ese periodo, el principal indicador de gestión de calidad denominado % No Exportable sufra también un incremento, influenciado principalmente por el indicador % Segundas, y que no logre cumplir con el objetivo de calidad establecido por la alta dirección de la empresa.

Ante este escenario, lo que se busca con la utilización de la metodología Six Sigma es establecer una estrategia de mejora continua que sirva de guía para entender cómo se genera el problema descrito e identificar las fuentes principales de variación, para implementar soluciones que las eliminen y que permitan lograr mejoras en los procesos, así como eliminar defectos y retrasos, y disminuir los sobrecostos y reprocesos.

5.4.2. Marco del proyecto Six Sigma

A continuación, en la Tabla N° 5 se mostrará el Marco del proyecto Six Sigma o *Project Charter* en el que se resumirá de qué trata el proyecto, el objetivo, los involucrados, los beneficios esperados, las métricas, entre otros.

MARCO DEL PROYECTO SIX SIGMA	
Problema	Incremento del indicador de gestión de calidad % No Exportable en la producción de telas e incumplimiento de su objetivo de calidad establecido.
Definición	Durante el primer semestre del año 2015 el indicador % No Exportable presentó valores superiores a su objetivo de calidad establecido del 4.0 %, con un promedio del 6.61 %.
Objetivo del proyecto	Reducción del indicador de gestión de calidad % No Exportable a valores cercanos a su objetivo de calidad establecido del 4.0 % al finalizar la implementación de la metodología.
Oportunidad del proyecto	Mejora en la calidad del producto, mejora en los procesos y reducción del indicador % No Exportable, incrementando la fidelización de los clientes.
Alcance del proyecto	El proyecto involucra a todos los lotes de tela producidos en la planta N° 5.
Patrocinador	Gerencia General
Equipo de trabajo	Gerente Técnico (Champion) Superintendente de Planta (Champion) Líder de Implementación (Black Belt) Asistente de Organización y Métodos (Green Belt) Asistente de Control de Calidad (Green Belt) Asistente de Ingeniería de Procesos (Green Belt) Asistente de Tintorería (Green Belt) Coordinadora de Laboratorios (Green Belt)
Recursos	Base de datos de los lotes de producción, histórico de los indicadores de gestión de calidad, Microsoft Office Excel y Minitab.
Métricas	Indicador de gestión de calidad % No Exportable.
Duración del proyecto	01/07/2015 - 30/06/2016
Plan del proyecto	Fase Definir: Julio 2015 Fase Medir: Agosto - Septiembre 2015 Fase Analizar: Octubre - Diciembre 2015 Fase Mejorar: Enero - Abril 2016 Fase Controlar: Mayo 2016 Cierre del proyecto: Junio 2016

Tabla N° 5: Marco del proyecto Six Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3. Diagrama SIPOC y Mapa de proceso.

De acuerdo con Gutiérrez (2013), el diagrama PEPSU o SIPOC tiene el objetivo de analizar el proceso y su entorno. Para ello se identifican a los proveedores (P), las entradas (E), el proceso mismo (P), las salidas (S) y los usuarios (U). El acrónimo en inglés de este diagrama es SIPOC que significa *Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers*.

- **Suppliers:** Se encuentran los proveedores que proporcionan las entradas, es decir, materias primas y maquinarias necesarias para la fabricación de telas.
- **Inputs:** Se identifican a los principales materiales, materia prima, maquinarias e información que son necesarios para el proceso productivo.
- **Process:** En esta parte se especifican las etapas principales en el proceso de fabricación de telas.
- **Outputs:** Se encuentran los resultados que genera el proceso, en este caso, las telas y la información.
- **Customers:** Se especifican a los usuarios o clientes que se benefician con los resultados del proceso.

A continuación, en la Figura N° 21 se muestra el diagrama SIPOC del proceso de producción de telas:

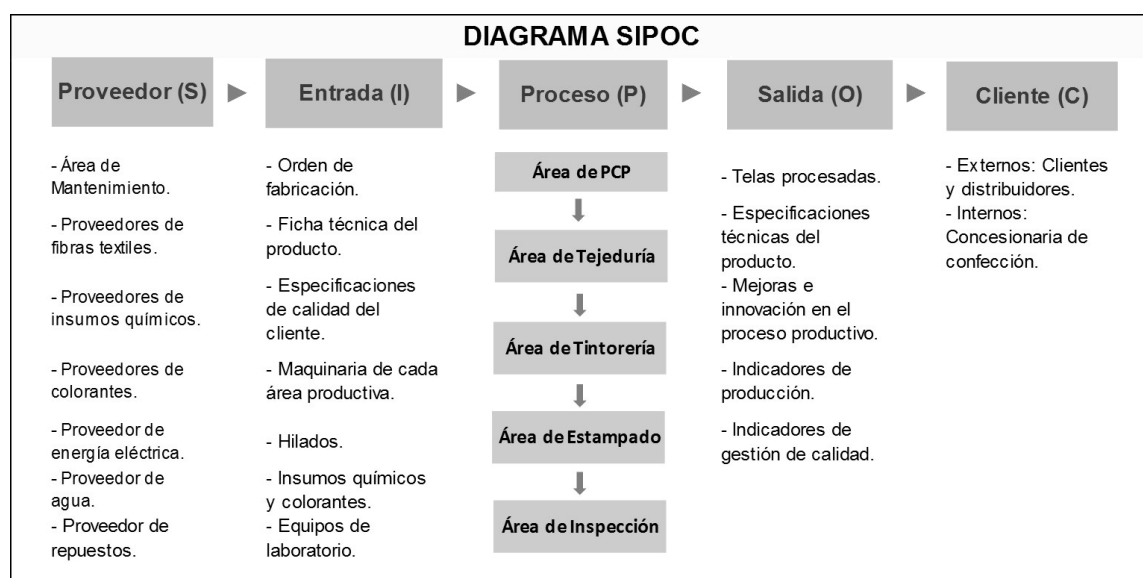


Figura N° 21: Diagrama SIPOC del proceso de producción de telas.

Fuente: Elaboración propia.

Los mapas de procesos, por otro lado, permiten representar gráficamente los procesos, especificando las actividades que efectivamente se realizan en ellos e identificando las principales variables de entrada y salida. En la Figura N° 22 se muestra el mapa de proceso de la producción de telas que se realiza en la empresa, en el que se detallan las operaciones principales que son el planeamiento de las órdenes de fabricación, el tejido, el teñido, el estampado y la inspección y doblado. Así como las variables de entrada (X's) y las variables de salida (Y's) de cada subprocesso y del proceso global.

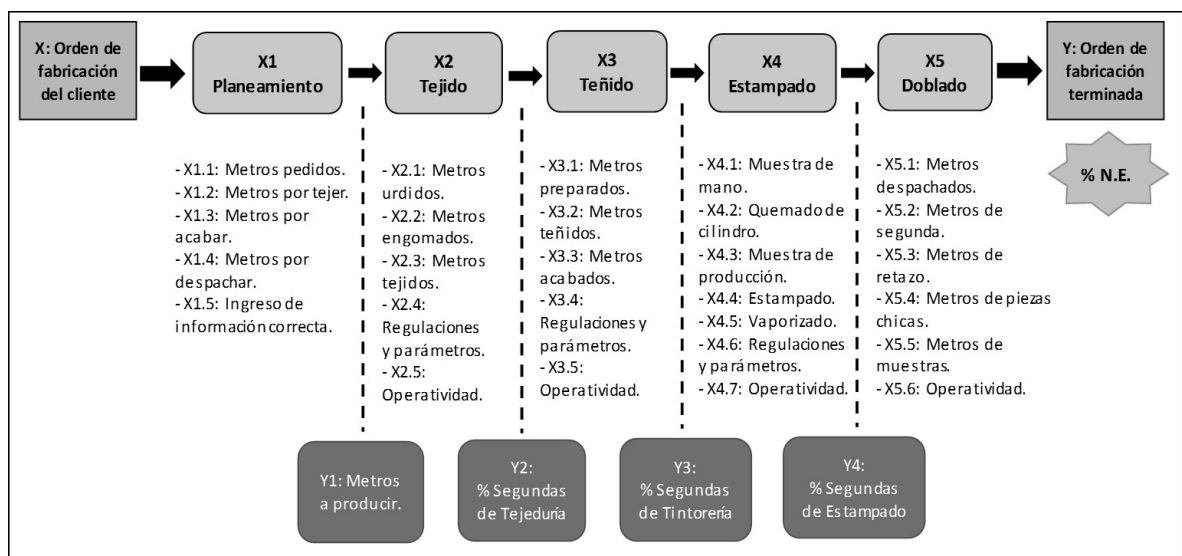


Figura N° 22: Mapa del proceso general de producción de telas.

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Desarrollo de la fase MEDIR

Esta etapa tiene como objetivo realizar un estudio más minucioso del proceso para identificar a las variables que deben ser medidas y controladas, y a partir de este estudio, validar el sistema de medición y la capacidad de proceso actuales con respecto a las variables seleccionadas.

5.5.1. Determinación del proceso a mejorar

La empresa controla el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para cada área de producción mediante el levantamiento de información de todos los lotes de tela producidos, que posteriormente se traducirá en indicadores de gestión de calidad que permiten controlar el performance de cada área productiva y conocer su impacto hacia el producto y hacia el cliente. Puntualmente, se tienen como indicadores el % Segunda por cada área y el % N.E. por área.

Cómo se mostró en la Figura N° 17: Distribución del porcentaje N.E., durante el primer semestre del año 2015 el indicador % Segunda participó con un 81.0% en la distribución del %N.E. total, el restante 19.0% estuvo formado por la sumatoria entre el % Muestras, % Pieza Chica y % Retazo.

A continuación, en la Tabla N° 6 se muestra la cuantificación de metros de tela de segunda producidos por cada área de producción y en la Tabla N° 7 se muestra la contribución de cada uno de éstos al indicador general % Segundas:

Área de producción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Tintorería	15,221	12,608	10,939	17,715	16,536	18,320	91,339
Tejeduría	6,760	5,287	6,399	6,311	5,119	5,723	35,599
Estampado	3,482	1,687	2,318	570	1,677	4,331	14,065
Hilandería	1,077	1,995	1,010	533	477	670	5,762
TOTAL (metros)	26,540	21,577	20,666	25,129	23,809	29,044	146,765

Tabla N° 6: Cuantificación en metros de tela de segunda calidad generados por área de producción – Primer semestre del año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de segunda calidad por área	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
% Segunda Tintorería	3.58	2.70	2.12	3.64	3.62	4.26
% Segunda Tejeduría	1.59	1.13	1.24	1.29	1.12	1.33
% Segunda Estampado	0.82	0.36	0.45	0.12	0.37	1.01
% Segunda Hilandería	0.25	0.44	0.19	0.14	0.10	0.16
% Segunda total	6.24	4.63	4.00	5.19	5.21	6.76

Tabla Nº 7: Distribución del porcentaje de segunda calidad por área de producción – Primer semestre del año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas anteriores se concluye que, el área de la tintorería ha registrado durante el primer semestre del año 2015 el porcentaje de segunda calidad más alto en comparación con las demás áreas. Por esta razón, generó la mayor cantidad de metros de tela de segunda calidad con 91 339.00 metros y contribuyó con el 62.0% al indicador % Segunda (Figura Nº 23) durante ese periodo. Por lo tanto, dado que el 81.0% del % N.E. se debe a las telas de segunda calidad y el 62.0% de éstas son generadas por defectos que pertenecen al área de la tintorería, se concentrarán los esfuerzos sobre esta área.

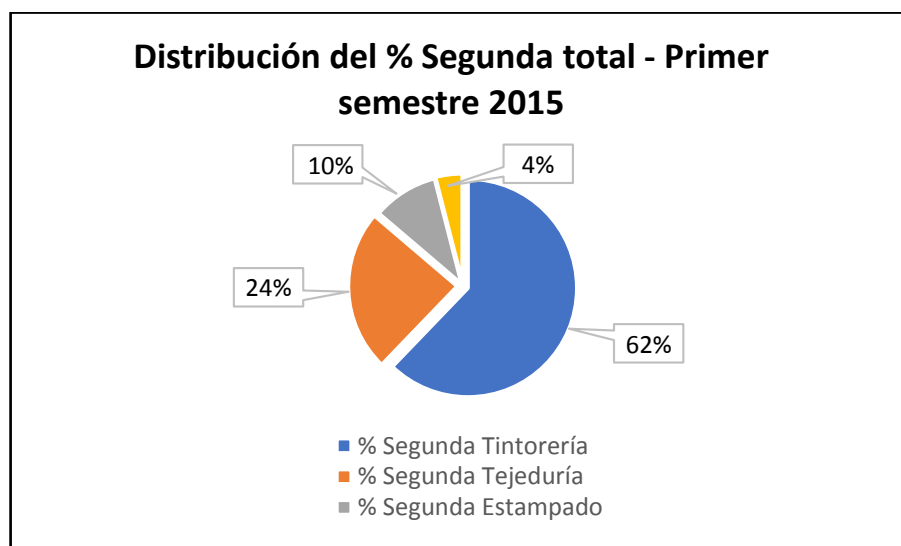


Figura Nº 23: Distribución del indicador % Segunda total durante el primer semestre del 2015.

Fuente: Elaboración propia.

La empresa en estudio tiene clasificados los defectos de calidad por área de origen y lleva un control de ellos mensualmente a través de indicadores que miden su ocurrencia y la cantidad de metros que afectan. En este contexto, a continuación, en la Figura N° 24 se muestra el Diagrama de Pareto que se ha utilizado para identificar cuáles son los defectos que se generan en el área de la tintorería con mayor relevancia o frecuencia y que, por ende, impactan al % Segunda.

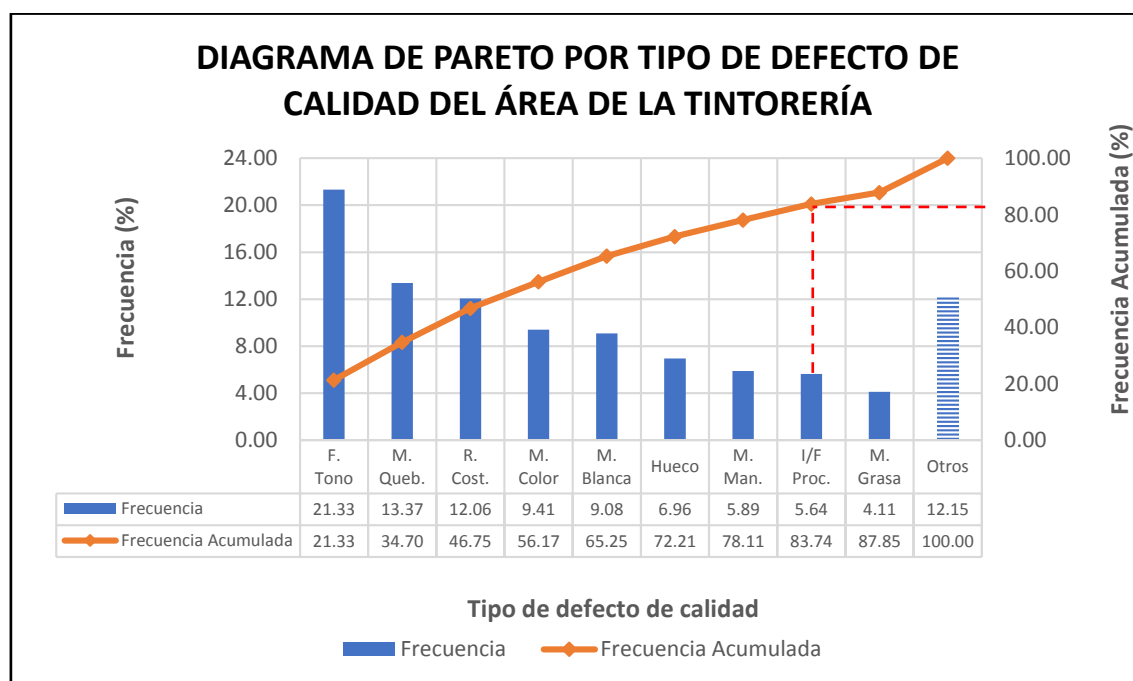


Figura N° 24: Diagrama de Pareto por tipo de defecto de calidad del área de la tintorería.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 24 se observa que los primeros 8 defectos que aparecen en el Diagrama de Pareto son los que generan el 83.74 % de la tela de segunda calidad del área de la tintorería. Por lo tanto, son los pocos vitales, de acuerdo con la terminología del Diagrama de Pareto. Sin embargo, se observa también que el defecto fuera de tono es el que predomina con el mayor porcentaje de frecuencia, es decir, al comparar una muestra de la tela acabada del lote de

producción contra el estándar (muestra del color requerido por el cliente) se encuentran diferencias significativas entre ellas.

Por otro lado, el desempeño del área de la tintorería aparte del % Segundas Tintorería también se mide a través de otros dos indicadores de gestión de calidad denominados % Reproceso por teñido y % Reproceso por acabado, que indican la cantidad de metros de tela teñida o tela acabada que son reprocesados para cumplir con los requerimientos del cliente.

De acuerdo con la definición de la Norma internacional ISO 9000, un reproceso es toda acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos. En este contexto, el reproceso por teñido engloba una serie de acciones para lograr que la tela teñida cumpla con los requisitos establecidos por el cliente y logre ser aprobada para que continúe con el proceso. Asimismo, el reproceso por acabado incluye acciones para que la tela acabada calificada como no conforme vuelva a ser conforme. A continuación, en la Tabla N° 8 se muestran los resultados de estos dos indicadores durante el periodo en estudio:

INDICADOR	Límites	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
% Reproceso por teñido	Lím. Sup. 10.0 %	16.95%	9.60%	19.80%	7.50%	8.25%	14.25%
% Reproceso por acabado	Lím. Sup. 5.0 %	3.60%	8.10%	7.20%	7.35%	7.50%	4.35%

Tabla N° 8: Indicadores de reproceso de la tintorería – Primer semestre del 2015.

Fuente: La empresa en estudio.

Como se observa en la tabla N° 8, el indicador de reproceso que presenta la mayor cantidad de metros reprocesados es el indicador % Reproceso por teñido y además es el que está más alejado del límite de control superior establecido por la empresa en estudio.

Cuando se evalúa la tela teñida, a través de la comparación de una muestra representativa del lote de producción contra el estándar de color del cliente (inspección visual y uso del espectrofotómetro), y se encuentra una diferencia significativa, entonces, el lote de producción se descalifica por presentar diferencia de color y se califica como fuera de tono. Es en este momento en el

que surge la posibilidad del reproceso por teñido que puede o no corregir el defecto. En el caso de que logre corregir la variación de color, entonces, el lote de producción es aprobado para continuar con el proceso. Por el contrario, si la variación del color no ha sido corregida, entonces, el lote de producción se descalifica y se declara fuera de tono, que es lo que finalmente impacta en el % Segunda tintorería.

El defecto fuera de tono no se genera por una única causa, sino que es la suma de varios factores, los que finalmente hacen que este defecto se genere durante la etapa de teñido. Asimismo, el defecto fuera de tono aparte de impactar principalmente en el % Segundas de la tintorería, es el principal motivo de los reprocesos por teñido, los cuales afectan los intereses de los clientes y de la empresa por los sobrecostos y los retrasos.

5.5.2. Mapa de proceso del área de la tintorería

Como ya se identificó en el punto anterior que el defecto fuera de tono es el defecto por atacar, se ha realizado un mapa de procesos del área de la tintorería para identificar los subprocesos y las variables de entrada y de salida, el mismo que se muestra en la Figura N° 25.

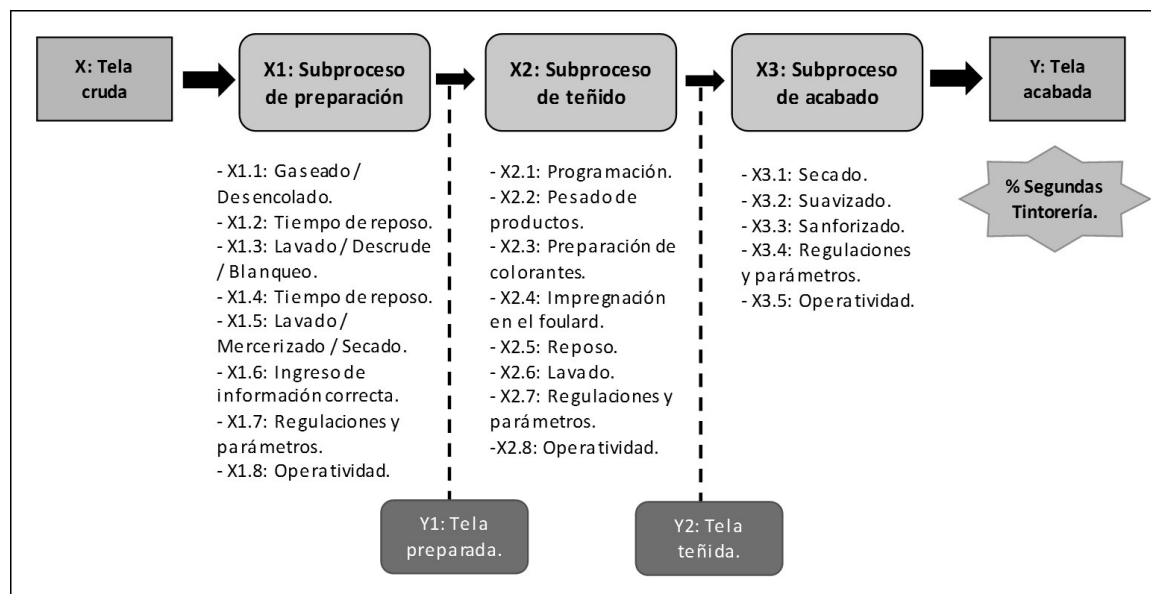


Figura N° 25: Mapa de proceso del área de la tintorería.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura N° 25, el área de la tintorería para poder entregar la tela acabada debe de realizar tres subprocesos: la preparación, el teñido y el acabado, los cuales se describirán brevemente a continuación:

- Subproceso de preparación: Consiste en el desarrollo de una serie de operaciones que preparan al sustrato textil, en este caso la tela cruda, para volverla más apta y receptiva para los tratamientos posteriores que pueden ser el teñido, estampado o acabado.

Las operaciones de preparación de un textil son de vital importancia; ya que, el éxito del proceso de teñido posterior depende de estas operaciones previas, las cuales pueden ser el gaseado o desencolado, el descruce, el blanqueo, el mercerizado, entre otros.

- Subproceso de teñido: Es el proceso mediante el cual el colorante (materia coloreada) es teñido sobre el material textil, en este caso tela preparada, por medio de métodos como la adsorción física, adsorción mecánica o reacción con la fibra.

Existen dos sistemas para transferir el colorante a la fibra, el sistema discontinuo y el sistema continuo. La empresa en estudio desarrolla el teñido de telas por medio del sistema continuo, haciendo uso de una máquina denominada *foulard* que permite teñir el material textil a través de dos medios mecánicos: la humectación por impregnación y el exprimido.

- Subproceso de acabado: Consiste en el desarrollo de operaciones que permiten modificar las características de un material textil como el tacto, la apariencia y el comportamiento. El objetivo de este subproceso es darle valor agregado al producto final y aumentar su funcionalidad. Existe un sinnúmero de acabados que pueden clasificarse según la característica que modifique del textil, según la duración o según la acción que lo origine. Sin embargo, el acabado a aplicar a un textil dependerá de los requerimientos de los clientes.

5.5.3. Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)

De acuerdo a Gutiérrez (2013), la metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF, FMEA, AMFE o *Failure Mode and Effects Analysis*) permite identificar las fallas potenciales de un producto o proceso y, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para aquellas que vulneran más la confiabilidad del producto o proceso será necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas.

Para la realización del AMEF previamente se establecieron reuniones en las que participó el equipo Six Sigma, el jefe del área de la tintorería, el asistente y los supervisores del área para discutir acerca de las diferentes causas por las que existe el defecto fuera de tono, ubicando a las más comunes.

Posteriormente, se siguió el procedimiento que tiene declarado la empresa para la elaboración y control de esta herramienta; y se determinó la valoración de la Severidad, la Ocurrencia y la Detección para finalmente calcular el RPN (*Risk Priority Number*) por medio del producto de estos tres factores.

$$\text{RPN} = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección}$$

A continuación, en las Tablas N° 9, 10 y 11 se muestran los criterios utilizados para la valoración de los factores Severidad, Ocurrencia y Detección.

Puntaje	Ocurrencia	Descripción
10	Muy alto: Fallas persistentes	Ocurren más de 250 de 1000 veces (25.0%).
9		Ocurren 200 de 1000 veces (20.0%).
8	Alto: Fallas frecuentes	Ocurren 150 de 1000 veces (15.0%).
7		Ocurren 100 de 1000 veces (10.0%).
6	Moderado: Fallas ocasionales	Ocurren 50 de 1000 veces (5.0%).
5		Ocurren 20 de 1000 veces (2.0%).
4		Ocurren 10 de 1000 veces (1.0%).
3	Bajo: Relativamente pocas fallas	Ocurren 5 de 1000 veces (0.5%).
2		Ocurren 2 de 1000 veces (0.2%).
1	Remoto: Fallas improbables	Ocurren menos de 0.2 % de las veces.

Tabla N° 9: Criterio de valoración del factor ocurrencia.

Fuente: La empresa en estudio.

Puntaje	Variable	Descripción
9 ó 10	Tiempo	El tiempo del proceso aumenta más de 7 días.
	Costo	El costo total del proceso aumenta más de US\$ 20 000 aprox.
	Calidad	El producto no cumple con las especificaciones y no es útil al cliente.
7 ó 8	Tiempo	El tiempo del proceso aumenta entre 6 y 7 días.
	Costo	El costo total del proceso aumenta entre US\$ 10 000 y US\$ 20 000 aprox.
	Calidad	Los efectos de los cambios deben ser aprobados por el cliente.
5 ó 6	Tiempo	El tiempo del proceso aumenta entre 4 y 6 días.
	Costo	El costo total del proceso aumenta entre US\$ 5000 y US\$ 21 000 aprox.
	Calidad	El producto necesita ser reprocesado para cumplir con las especificaciones.
3 ó 4	Tiempo	El tiempo del proceso aumenta entre 2 y 4 días.
	Costo	El costo total del proceso aumenta entre US\$ 1000 y US\$ 5000 aprox.
	Calidad	El efecto es menor, pero requiere ser aprobado internamente.
1 ó 2	Tiempo	El tiempo del proceso aumenta en menos de 2 días.
	Costo	El costo total del proceso aumenta en menos de US\$ 1000.
	Calidad	Los cambios nos son perceptibles.

Tabla N° 10: Criterio de valoración del factor severidad.

Fuente: La empresa en estudio.

Puntaje	Método de detección
9 ó 10	No existe un método de detección disponible o conocido que provea una alerta anticipada para planificar una contingencia.
7 ó 8	El método de detección posee una efectividad baja, el riesgo no es detectado en la mayoría de veces que se presentan.
5 ó 6	El método de detección posee una efectividad media, el riesgo es detectado la mitad de las veces que se presentan.
3 ó 4	El método de detección posee una efectividad moderada, el riesgo es detectado casi inmediatamente.
1 ó 2	El método de detección posee una efectividad alta y se tiene la certeza que el riesgo será detectado de inmediato.

Tabla N° 11: Criterio de valoración del factor detección.

Fuente: La empresa en estudio.

Proceso / Subproceso	Modo potencial de Falla	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa potencial de falla	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	RPN	Acción recomendada
Preparación de Tela	Preparación no uniforme	Defecto fuera de tono	8	Variación en la concentración de soda cáustica.	5	Titulación de las concentraciones.	5	200	Controlar la variación de las concentraciones por medio de gráficos de control.
			8	Variación en la concentración de peróxido de hidrógeno.	5	Titulación de las concentraciones.	5	200	Controlar la variación de las concentraciones por medio de gráficos de control.
			5	Diferencia en la velocidad durante el proceso.	4	Llenado de <i>check list</i> u hoja de verificación.	4	80	Verificar el cumplimiento del llenado del <i>check list</i> y evaluar la variación.
			5	Diferencia en la temperatura durante el proceso.	4	Llenado de <i>check list</i> u hoja de verificación.	4	80	Verificar el cumplimiento del llenado del <i>check list</i> y evaluar la variación.
			5	Diferencia en la presión de los rodillos.	4	Realización del perfil de rodillos.	3	60	Analizar la variación de los perfiles de los rodillos.
Teñido de Tela	Teñido no uniforme	Defecto fuera de tono	8	Reproducibilidad de las recetas del laboratorio a planta.	5	Verificación de la transmitancia de los colores.	3	120	Analizar los resultados de la transmitancia de los colores.
			5	Diferencias de presión en el foulard.	4	Realización del perfil de foulard.	3	60	Analizar la variación del perfil del foulard.

Tabla N° 12: AMEF para el defecto fuera de tono en el teñido de tela.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla N° 12: AMEF para el defecto fuera de tono en el teñido de tela, las causas que presentan mayor valor de índice de prioridad de riesgo son la variación en la concentración de soda caustica y la variación en la concentración del peróxido de hidrógeno, pertenecientes al subproceso de preparación. Por lo tanto, son las principales variables presentes en el subproceso de preparación que inciden directamente en el defecto fuera de tono.

5.5.4. Validación del sistema de medición

Para la validación del sistema de medición de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno, se evaluó la reproducibilidad y repetibilidad de éste a través de la prueba de Gage R & R. Para la realización de esta prueba se utilizó, entonces, un diseño cruzado en el que se seleccionaron cinco lotes de tela de producción y se eligieron a tres operarios para que realicen dos mediciones de las concentraciones de cada una de las variables.

5.5.4.1. Estudio de Gage R & R aplicado a la medición de la concentración de soda cáustica

Los resultados de las mediciones realizadas a la concentración de soda cáustica se muestran en la Tabla N° 13.

Concentración de Soda Cáustica [NaOH 50%]						
Muestra	Operador 1		Operador 2		Operador 3	
	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2
1	33	34	34	33	33	33
2	33	32	32	32	32	33
3	33	34	33	33	33	34
4	33	33	33	33	33	33
5	34	33	33	34	33	33

Tabla N° 13: Mediciones tomadas para la prueba de R & R de la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se realizó el estudio de Gage R & R, en el que se puede observar en la Figura N° 26 que la variación proveniente de la repetibilidad es de 59.14%, mientras que el de la reproducibilidad es de 0.00%, es por esto por lo que la variabilidad debido a la diferencia de partes es del 40.86% de la variabilidad total. El porcentaje de contribución es de 59.14%, lo cual indica que el sistema no podría aceptarse dado que es mayor al 10.00 % establecido.

R&R del sistema de medición			
Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)	
Gage R&R total	0.220290	59.14	
Repetibilidad	0.220290	59.14	
Reproducibilidad	0.000000	0.00	
Operador	0.000000	0.00	
Parte a parte	0.152174	40.86	
Variación total	0.372464	100.00	

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.469350	2.81610	76.91
Repetibilidad	0.469350	2.81610	76.91
Reproducibilidad	0.000000	0.00000	0.00
Operador	0.000000	0.00000	0.00
Parte a parte	0.390095	2.34057	63.92
Variación total	0.610298	3.66179	100.00

Número de categorías distintas = 1

R&R del sistema de medición para Medición

Figura N° 26: Reporte estadístico del estudio de Gage R & R para la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 27, se observa en la gráfica R que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control al igual que en la gráfica de las medias, esto indica que la variación parte a parte es menor que la variación de la medición. Lo cual se puede verificar también en el gráfico componentes de variación, pues, se observa que el componente de variación más grande corresponde al sistema de medición; ya que, el componente variación parte a parte es menor a éste. Por lo que se concluye que el sistema de medición no es adecuado.

Asimismo, en la gráfica medición por muestra se observa que los puntos siguen un mismo patrón y que hay diferencias entre las muestras. En la gráfica de medición por operario, se observa una pequeña diferencia entre los operarios y que el operador N° 1 presenta una media más alta.

Finalmente, en la gráfica de interacción muestra – operador se observa que uno de los operadores está midiendo partes uniformemente más altas o bajas que el resto de operadores.

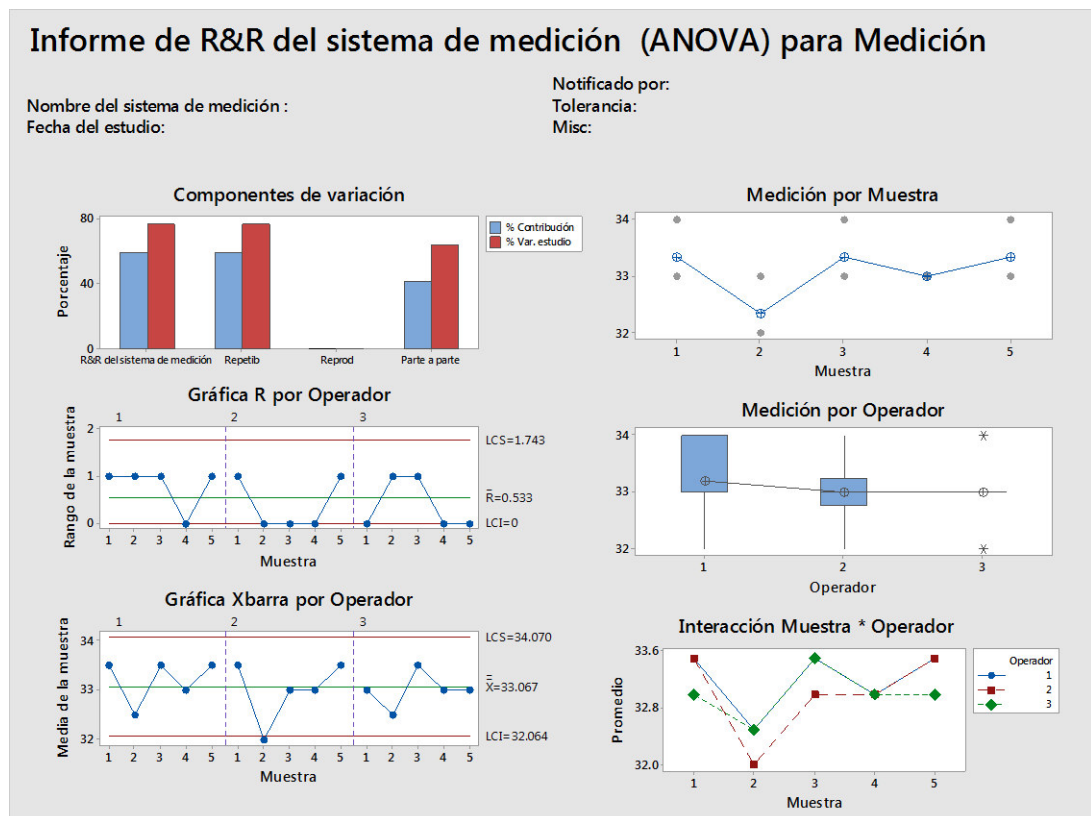


Figura N° 27: Reporte gráfico del estudio Gage R & R para la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.4.2. Estudio de Gage R & R aplicado a la medición de la concentración del peróxido de hidrógeno

Los resultados de las mediciones realizadas a la concentración del peróxido de hidrógeno se muestran en la Tabla N° 14.

Concentración de Peróxido de Hidrógeno [H2O2 50%]						
Muestra	Operador 1		Operador 2		Operador 3	
	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2
1	73	74	74	74	73	74
2	74	75	74	75	74	75
3	73	74	73	73	73	73
4	73	73	73	73	73	73
5	74	73	74	74	74	73

Tabla N° 14: Mediciones tomadas para la prueba de R & R de la concentración del peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se realizó el estudio de Gage R & R, en el que se puede observar en la Figura N° 28 que la variación proveniente de la repetibilidad es de 40.48%, mientras que el de la reproducibilidad es de 0.00%, por lo que la variabilidad debido a la diferencia de partes es del 59.52% de la variabilidad total. El porcentaje de contribución es de 40.48%, lo cual indica que el sistema no podría aceptarse dado que es mayor al 10.00 % establecido.

R&R del sistema de medición			
Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)	
Gage R&R total	0.208696	40.48	
Repetibilidad	0.208696	40.48	
Reproducibilidad	0.000000	0.00	
Operador_1	0.000000	0.00	
Parte a parte	0.306884	59.52	
Variación total	0.515580	100.00	
Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.456832	2.74099	63.62
Repetibilidad	0.456832	2.74099	63.62
Reproducibilidad	0.000000	0.00000	0.00
Operador_1	0.000000	0.00000	0.00
Parte a parte	0.553971	3.32383	77.15
Variación total	0.718039	4.30823	100.00
Número de categorías distintas = 1			
R&R del sistema de medición para Medición_1			

Figura N° 28: Reporte estadístico del estudio de Gage R & R para la concentración del peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 29, se observa en la gráfica R que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, al igual que en la gráfica de las medias. Asimismo, en el gráfico componentes de variación se observa que el componente de variación más grande corresponde a la variación parte a parte, lo cual indica que hay variación entre las muestras.

En la gráfica medición por muestra se observa que los puntos siguen un mismo patrón y que hay diferencias entre las muestras. En la gráfica de medición por operario, se observa que existen pequeñas diferencias entre los operarios.

Finalmente, en la gráfica de interacción muestra – operador se observa que uno de los operadores está midiendo partes uniformemente más bajas que el resto de operadores.

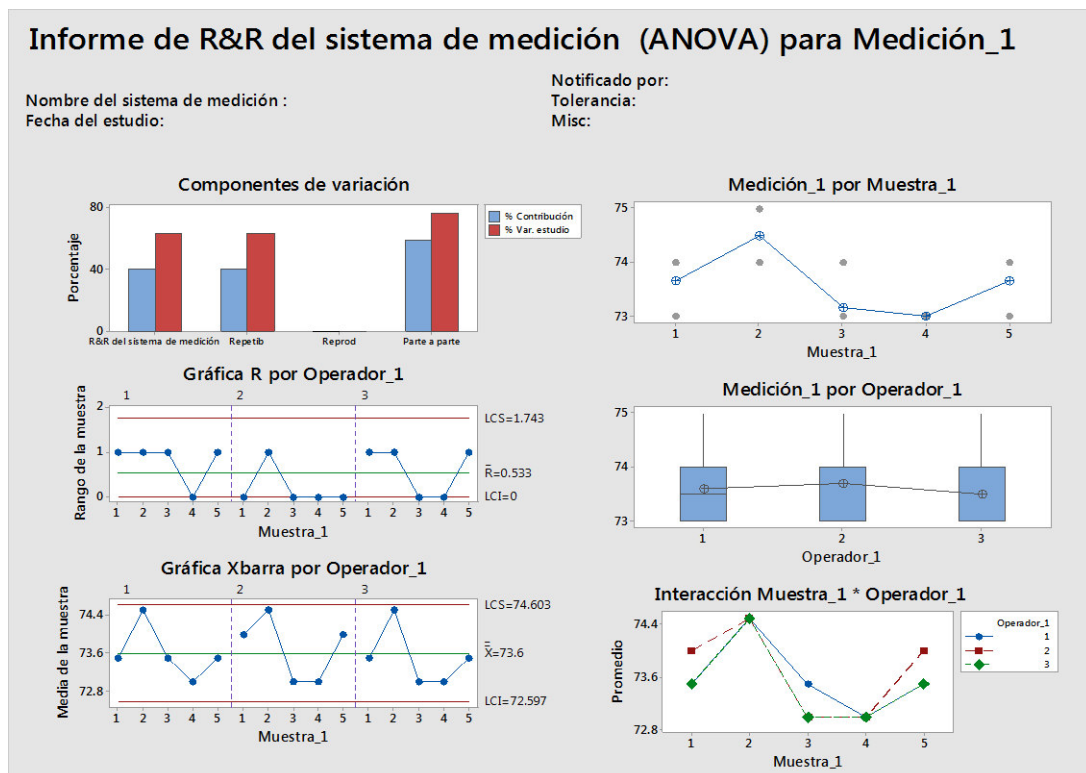


Figura N° 29: Reporte gráfico del estudio Gage R& R para la concentración del peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5. Capacidad y desempeño del proceso

5.5.5.1. Aplicada a la medición de la concentración de soda cáustica

Para establecer la línea base, en la Figura N° 30 se muestran los gráficos de control de la variable individual y del rango móvil de la concentración de soda cáustica, en éstos se observa que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Por otro lado, se observa también que la media del proceso de los datos mostrados es de 31.93 g/L.

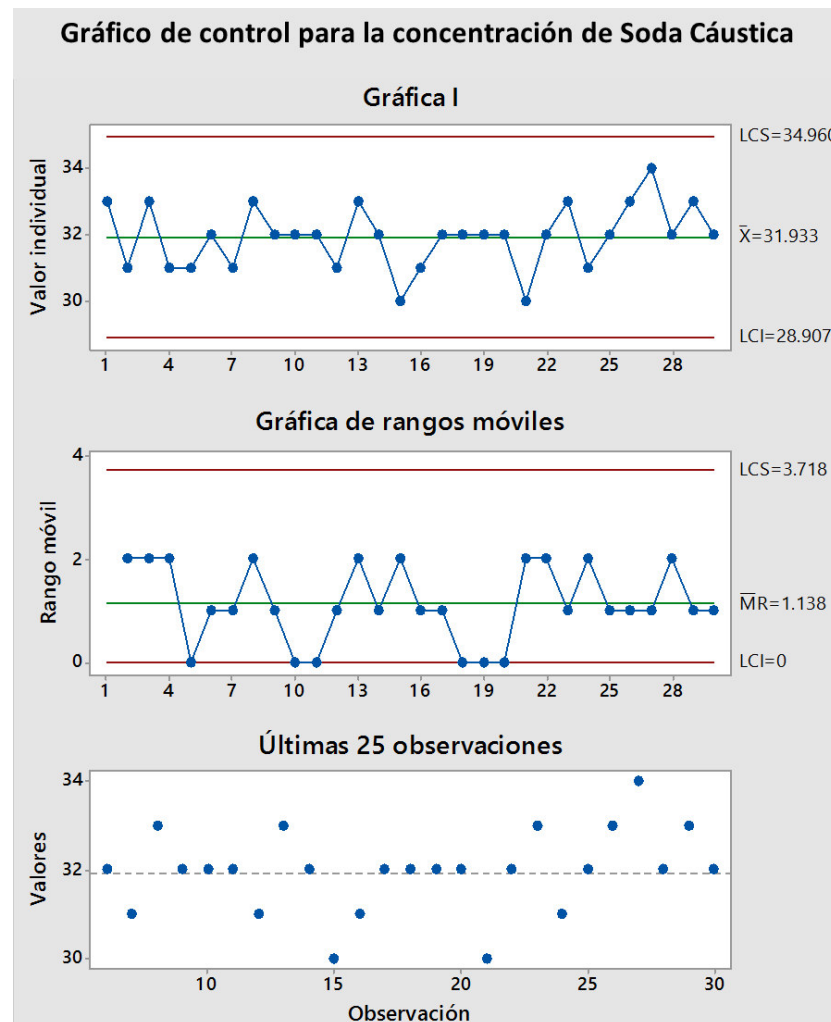


Figura N° 30: Gráfico de control para la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la capacidad de proceso, se observa en la Figura N° 31 que el C_p es $0.66 < 1$, lo cual indica que no es un proceso capaz. Por lo tanto, se considera un proceso para someterlo a mejoras.

Adicionalmente, se observa que el valor de PPM total es de 34 650.24, esto quiere decir que, al largo plazo, por cada millón de mediciones que se realicen se tendrán 34 650.24 mediciones que quedarán fuera de los límites de especificación establecidos para la concentración de soda cáustica.

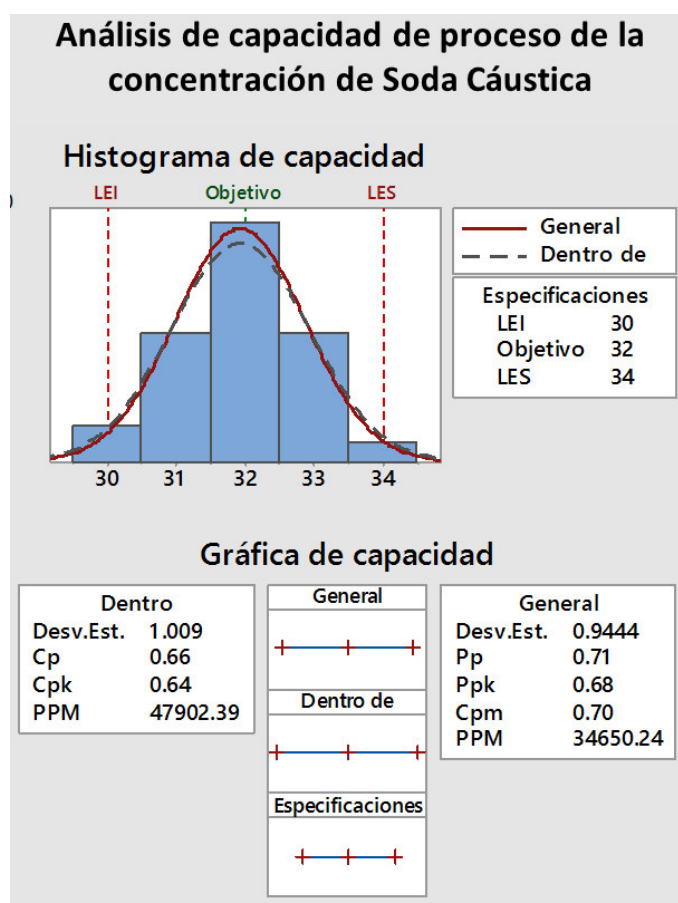


Figura N° 31: Capacidad de proceso para la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.5.2. Aplicada a la medición de la concentración del peróxido de hidrógeno

Para establecer la línea base, en la Figura N° 32 se muestran los gráficos de control de la variable individual y del rango móvil de la concentración de

peróxido de hidrógeno, en éstos se observa que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Por otro lado, se observa también que la media del proceso de los datos mostrados es de 72.50 mL/L.

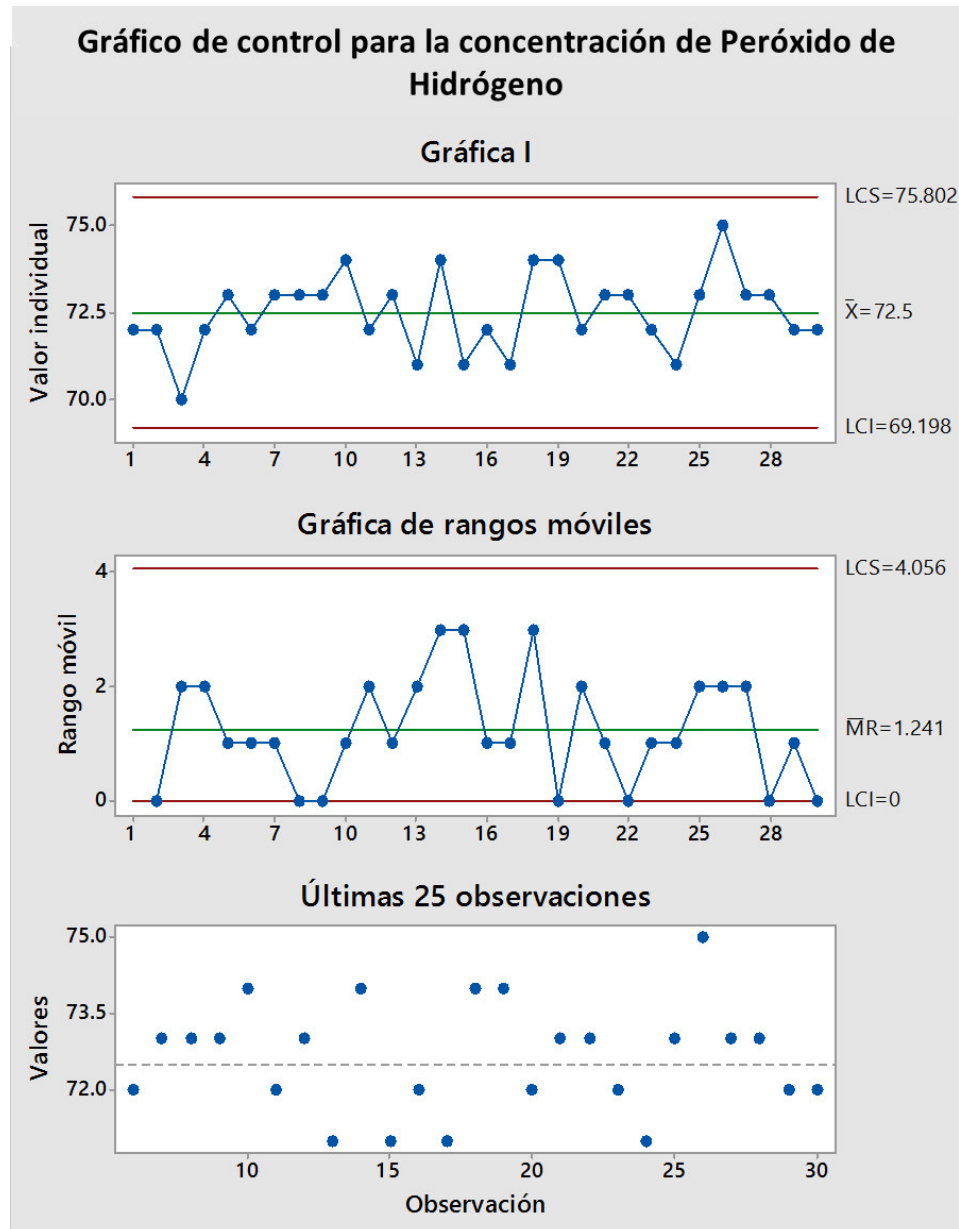


Figura N° 32: Gráfico de control para la concentración de peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la capacidad de proceso, se observa en la Figura N° 33 que el C_p es $0.76 < 1$, lo cual indica que no es un proceso capaz. Por lo tanto, se considera un proceso para someterlo a mejoras.

Adicionalmente, se observa que el valor de PPM total es de 23 848.26, esto quiere decir que, al largo plazo, por cada millón de mediciones que se realicen se tendrán 23 848.26 mediciones que quedarán fuera de los límites de especificación establecidos para la concentración de peróxido de hidrógeno.

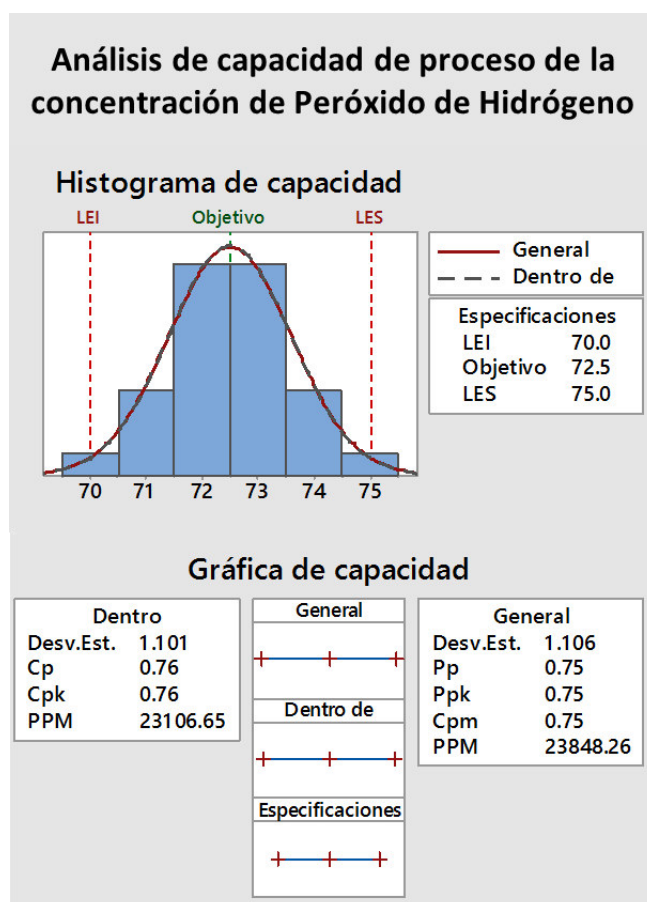


Figura N° 33: Capacidad de proceso para la concentración de peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6. Cálculo del nivel sigma

El nivel de calidad sigma del proceso indica el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que el producto sea conforme; cuando más grande sea, menos productos no conformes tendrá el proceso (Delgado, 2015).

En la tabla N° 15 se muestra la relación entre el nivel de sigmas de un proceso, el valor de PPM y el rendimiento de éste.

Nivel de sigmas (corto plazo)	Rendimiento del proceso (largo plazo)	PPM
1	30.90%	690 000
2	69.20%	308 000
3	93.30%	66 800
4	99.40%	6 210
5	99.98%	320
6	99.9997%	3.4

Tabla N° 15: Relación entre el nivel de sigmas de un proceso.

Fuente: Adaptado de Control estadístico de la calidad y seis sigma (Gutiérrez, 2013, p.404).

Para calcular el nivel sigma del proceso antes del despliegue de la metodología Six Sigma se calculó primero el % N.E. de ese periodo. Para tal efecto, en la Tabla N° 16 se muestran los metros no exportables y los metros totales producidos en ese periodo.

	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	TOTAL
Metros No Exportable	32,414.86	26,804.12	27,317.40	32,039.00	29,627.02	34,169.68	182,372.07
Metros Totales	425,445.10	466,306.60	517,071.51	488,164.00	456,763.85	429,567.94	2,783,319.00
% N.E.	7.62	5.75	5.28	6.56	6.49	7.95	6.55

Tabla N° 16: Porcentaje No Exportable del periodo en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

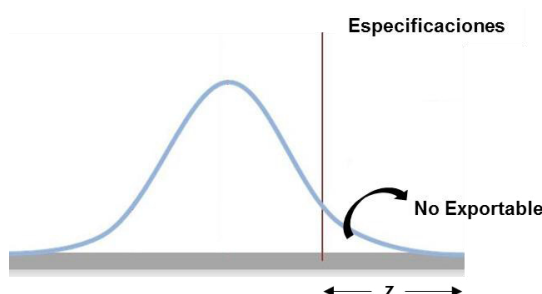


Figura N° 34: Gráfica del nivel sigma a largo plazo.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N° 16 se tiene que el % N.E. del periodo en estudio fue de 6.55 % y de acuerdo con la figura N° 34 se define lo siguiente:

- Nivel sigma a largo plazo = $Z_{6.55\%}$.
- Nivel sigma a corto plazo = $Z_{6.55\%} + 1.50$.

Con las definiciones establecidas se hizo uso de la aplicación Microsoft Excel y se calculó el nivel sigma a corto y a largo plazo de la producción de telas, obteniéndose los valores de 3.01 y 1.51 respectivamente (Tabla N° 17).

No exportable del periodo en estudio	6.55%
---	--------------

Nivel Sigma largo plazo	1.51
Nivel Sigma corto plazo	3.01

Tabla N° 17: Nivel sigma de la producción de telas durante el periodo en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el nivel sigma a corto plazo asume que las fuentes de variabilidad están controladas, se toma el nivel sigma a largo plazo.

El valor del nivel sigma a largo plazo de 1.51 lejano del Six Sigma indica que se deben de reducir los defectos presentados en los lotes de telas, y para ello se deben identificar las causas que ocasionan los defectos de calidad, de modo que se logre llegar a la causa raíz del problema.

5.6. Desarrollo de la fase ANALIZAR

En esta etapa el equipo Six Sigma analizó las causas raíz del problema a resolver por medio de la utilización del diagrama de Ishikawa y de la herramienta AMEF. Asimismo, se evaluaron los datos históricos y se realizó una prueba de hipótesis a la mejora planteada.

5.6.1. Definición de los factores causales

En base a los datos obtenidos en la fase de medición, se procede a la fase de análisis. Dichos datos muestran que el principal problema que afecta la conformidad del producto y, por ende, la calidad final de éste y la satisfacción del cliente es el defecto de calidad denominado fuera de tono. Dicho defecto está principalmente ligado a la concentración de soda cáustica y de peróxido de hidrógeno durante el subproceso de preparación. Sin embargo, también existen otros factores que inciden en el defecto fuera de tono y que se muestran en el Diagrama de Ishikawa de la Figura N° 35.

Se observa en la Figura N° 35 que existen diferentes causas relacionadas a los factores: Mano de obra, maquinarias, método y materiales que pueden ocasionar el defecto fuera de tono. El diagrama de Ishikawa fue elaborado por el equipo Six Sigma con la colaboración del jefe del área de la tintorería, asistentes y supervisores del área. Después de concluida la elaboración de este diagrama, se realizó una reunión para el análisis de las causas identificadas en este diagrama y de las identificadas en la herramienta AMEF para el subproceso de preparación (Tabla N° 12), concluyéndose que las causas más resaltantes del defecto fuera de tono son la variación de la concentración de soda cáustica y peróxido de hidrógeno y el incumplimiento de los procedimientos e instrucciones de trabajo por falta de capacitación del personal.

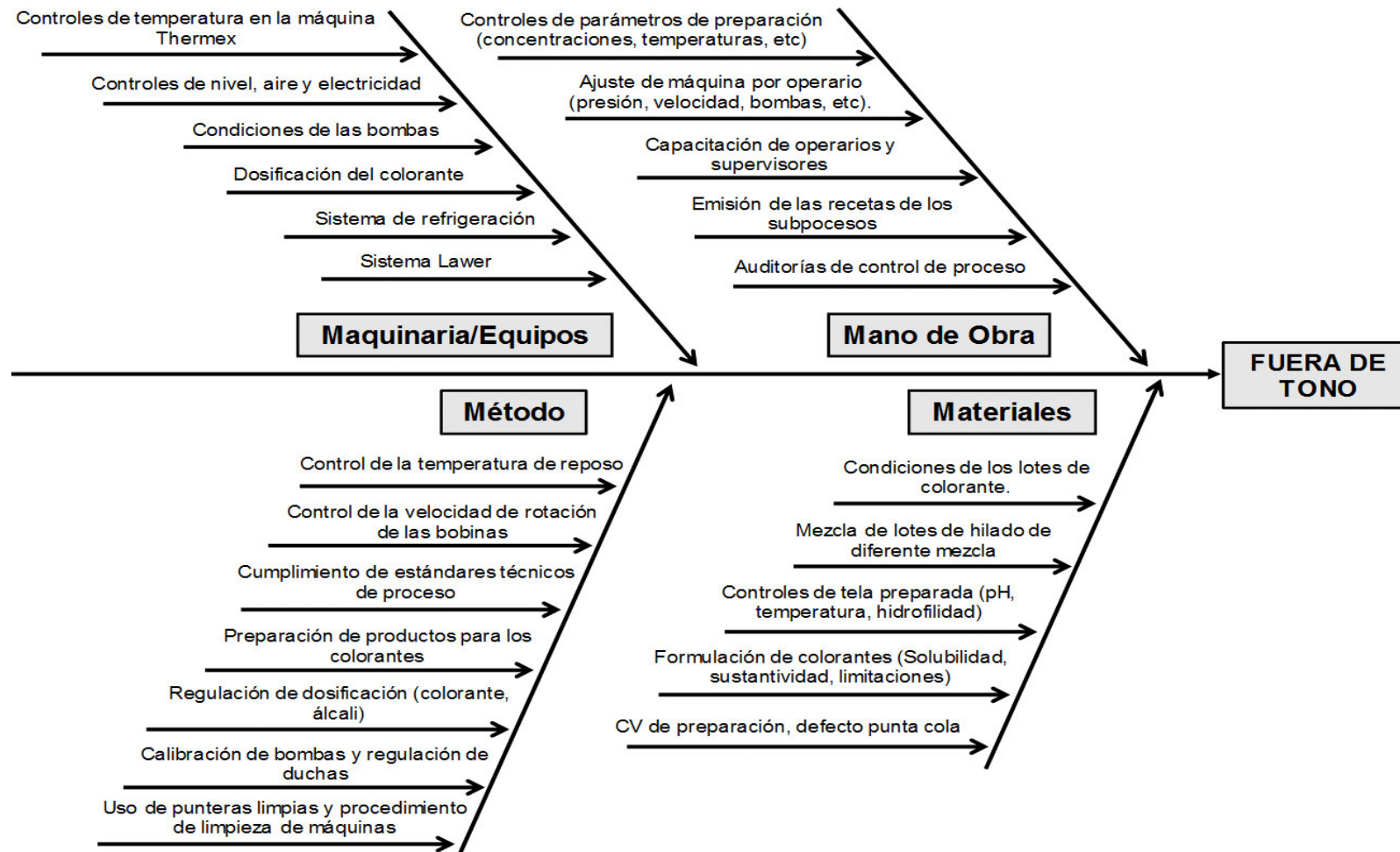


Figura N° 35: Diagrama de Ishikawa para el defecto fuera de tono.

Fuente: La empresa en estudio.

5.6.2. Diagrama de proceso del subproceso de preparación

En la figura N° 36 se muestra el diagrama de proceso del subproceso de preparación, debido a que en este subproceso se ubican las variables concentración de soda cáustica y peróxido de hidrógeno en la línea de blanqueo (X3: Lavado / desencolado / blanqueo). Asimismo, este diagrama permitió identificar a las variables de entrada y salida para las consideraciones correspondientes en los procedimientos e instrucciones de trabajo que se actualizarán y reforzarán con el personal.

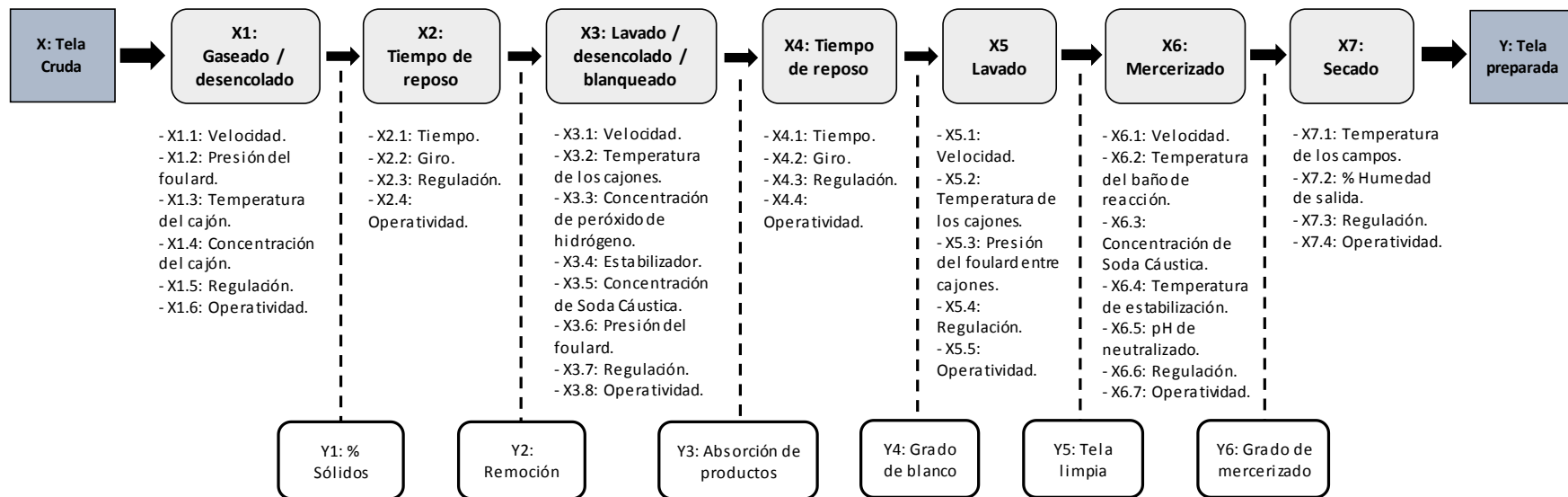


Figura N° 36: Diagrama de proceso del subproceso de preparación

Fuente: Elaboración propia.

La variabilidad de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno ocasionan que no haya uniformidad en el grado de blancura de la tela a lo largo de todo el metraje de una bobina o inclusive entre los orillos y el centro de la tela, después del proceso de blanqueo.

El grado de blancura o grado de blanco de una tela se mide por medio de un equipo denominado espectrofotómetro y se expresa en Grados CIE Whiteness. Este equipo evalúa el grado de blanco de los lotes de producción por medio de la comparación entre una muestra representativa de éstos y el estándar establecido por el cliente o por la empresa y que se encuentra guardado en él.

De cada lote de producción de tela que va a ser teñido, después de completar el proceso de blanqueo, se extrae una muestra de tela de 1 metro para la evaluación del grado de blanco y de la diferencia de éste entre los orillos y el centro. Este resultado se compara contra los estándares establecidos por la empresa y se aprueban o rechazan los lotes de tela para continuar con el proceso de teñido en función a éstos.

En la figura N° 37 se observa que durante el periodo en estudio se registraron puntos fuera de los límites de control establecidos, lo cual indica que se tuvo variabilidad en el grado de blanco durante ese periodo.

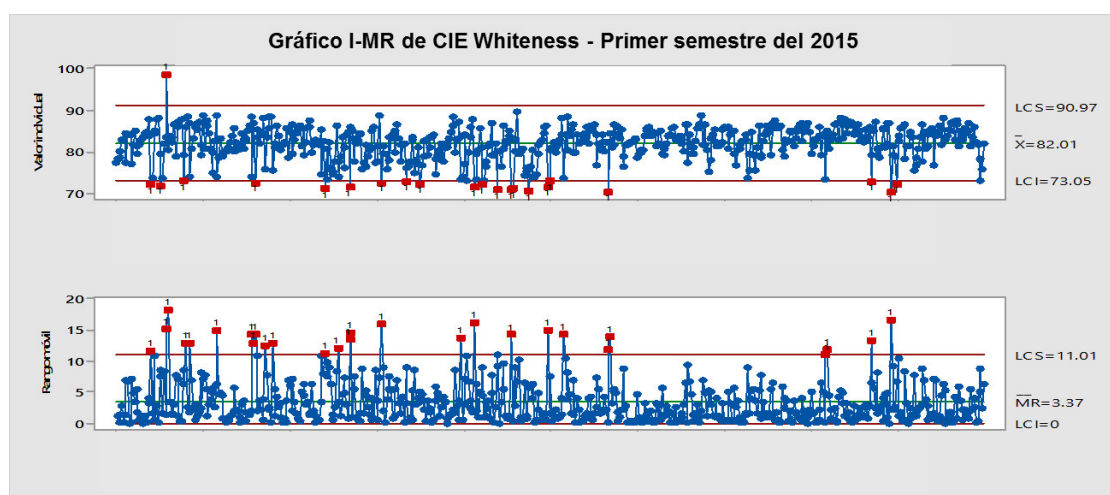


Figura N° 37: Gráfico de control para el grado de blanco expresado en grados CIE Whiteness de los lotes de tela procesados durante el primer semestre del 2015.

Fuente: Elaboración propia.

La variabilidad en el grado de blanco ocasiona diferencias de tono ya sea a lo largo de todo el metraje o entre los orillos y el centro, ya que, los tramos de tela con diferencia en el grado de blanco van a absorber de diferente forma el colorante durante el proceso de tintura.

Adicionalmente, cuando un lote de tela es rechazado por su grado de blanco, se realiza un proceso de blanqueo adicional para alcanzar el estándar de grado de blanco establecido, lo cual ocasiona sobrecostos por reprocesos y reinspecciones y una extensión en el *lead time* pactado.

5.6.3. Prueba de hipótesis de la mejora planteada

En coordinación con la Gerencia General, Gerencia Técnica y el equipo Six Sigma se propuso como estudio de mejora el proceso de blanqueo de telas por la relación existente entre el resultado de éste, el grado de blanco, y el defecto fuera de tono.

En este contexto, se establecieron reuniones con los supervisores del área y operarios de máquinas para explicarles los resultados encontrados hasta la etapa de análisis y se estableció un plan de acción basado en los controles planteados para el subproceso de preparación en la herramienta AMEF y en el diagrama de Ishikawa.

El punto clave es, entonces, el control de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno durante el proceso de blanqueo para reducir la variabilidad en el grado de blanco de los lotes de tela. Y, de esta forma, lograr uniformizar el grado de blanco de los lotes de producción y disminuir la afectación a la calidad por el defecto fuera de tono.

Para este primer estudio se estableció que los controles de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno sean realizados por los laboratoristas; ya que, por el procedimiento establecido por la empresa éstos son realizados por los operarios. Se definió un periodo de prueba de una semana y del control de un lote por día, los controles se realizaron con los siguientes límites de control:

- Control de la concentración de soda cáustica dentro de los límites de control establecidos por la empresa.

Límite Inferior: 30.0 g/L.

Límite Superior: 34.0 g/L.

- Control de la concentración de peróxido de hidrógeno dentro de los límites de control establecidos por la empresa.

Límite Inferior: 70.0 mL/L.

Límite Superior: 75.0 mL/L.

En la tabla N° 18 se muestran los resultados del grado de blanco de siete lotes de tela tomados antes de la implementación de la propuesta de mejora, se evaluó un lote de tela por día. Como se observa, existe mayor variación en el grado de blanco de lote a lote que entre los orillos y el centro de un mismo lote de tela.

Grado de blanco	21/09/2015	22/09/2015	23/09/2015	24/09/2015	25/09/2015	26/09/2015	27/09/2015
Valor del centro	78.0	80.0	82.0	83.0	81.0	79.0	83.0
Valor del orillo derecho	79.0	81.0	82.0	82.0	81.0	80.0	82.0
Valor del orillo izquierdo	79.0	81.0	82.0	82.0	81.0	80.0	82.0

Tabla N° 18: Grado de blanco obtenido antes de la implementación de la propuesta de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, en la tabla N° 19 se muestran los resultados del grado de blanco de siete lotes de tela tomados después de la implementación de la propuesta de mejora, se evaluó un lote de tela por día. Como se observa, existe menor variación en el grado de blanco de lote a lote que los mostrados en la Tabla N° 18, asimismo se observa que existe una variación menor entre los orillos y el centro de un mismo lote de tela.

Grado de blanco	05/10/2015	06/10/2015	07/10/2015	08/10/2015	09/10/2015	10/10/2015	11/10/2015
Valor del centro	80.0	82.0	81.0	82.0	81.0	82.0	82.0
Valor del orillo derecho	81.0	82.0	82.0	81.0	81.0	82.0	81.0
Valor del orillo izquierdo	81.0	82.0	82.0	81.0	81.0	82.0	81.0

Tabla N° 19: Grado de blanco obtenido después de la implementación de la propuesta de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 20 se muestra un cuadro comparativo de los valores del promedio y desviación estándar de los grados de blanco obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta de mejora.

Grado de blanco antes de la implementación de la propuesta de mejora	Promedio	Desv. Est.
Valor del centro	80.86	1.952
Grado de blanco después de la implementación de la propuesta de mejora	Promedio	Desv. Est.
Valor del centro	81.43	0.787

Tabla N° 20: Cuadro comparativo de los resultados de grado de blanco obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta de mejora en el proceso de blanqueo.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla N° 20 existe una media mayor, es decir, un mayor grado blanco, en los lotes procesados después de la implementación de la propuesta de mejora. Por otro lado, los grados de blanco de los lotes procesados antes de la implementación de la propuesta de mejora presentan una desviación estándar mayor, lo que indica que este grupo de lotes presenta mayor variabilidad en los resultados.

Se desarrolló una prueba de hipótesis para comprobar si existió algún cambio significativo después de la implementación de la propuesta de mejora por medio

del contraste de F de Fisher para la comparación de las desviaciones estándar, la misma que se muestra a continuación:

Prueba de Hipótesis

- S_1 : Desviación estándar antes de la implementación de la propuesta de mejora.
- S_2 : Desviación estándar después de la implementación de la propuesta de mejora.

$$H_0: S_1^2 < S_2^2$$

Se calcula la F experimental:

$$F_{\text{exp}} = 1.952^2 / 0.787^2 = 3.810 / 0.619 = \underline{6.155}$$

Como en los dos casos se tienen 7 valores de grado de blanco, entonces, el número de grados de libertad del numerador y denominador es igual a 6 (n-1). Por lo tanto, el valor crítico de $F_{6,6} = 4.284$ ($p = 0.05$).

Debido a que el valor calculado de F (F_{exp}) excede a éste, se rechaza la hipótesis planteada de que la varianza antes de la implementación de la propuesta de mejora es menor que la generada después de su implementación; es decir, se aprecia una mejoría en la variabilidad de los valores de grado de blanco y esto permitirá reducir el impacto del defecto fuera de tono y, por ende, el porcentaje de tela N.E.

5.7. Desarrollo de la fase MEJORAR

Se determinó en el punto 5.5 de la presente tesis que el defecto fuera de tono es el que predomina sobre el resto de los defectos de calidad; ya que, registra el indicador con mayor porcentaje, es decir, es el defecto que más afecta la calidad del producto y, por ende, al indicador porcentaje N.E.

Asimismo, en el punto 5.6 se identificó que este defecto presenta como una de las causas raíz a la variabilidad en el grado de blanco de los lotes de tela y que ésta está influenciada por dos variables en el proceso de blanqueo del subproceso de preparación: la concentración de soda cáustica y la concentración de peróxido de hidrógeno.

Con base en estos resultados y en la prueba de hipótesis realizada en el punto 5.6, en el presente capítulo se detallan las propuestas de mejora planteadas para el proceso. En este contexto, se recomienda establecer un monitoreo para controlar la variación de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno en el proceso de blanqueo, revisar las instrucciones y procedimientos de trabajo establecidos por la empresa en estudio y reforzarlas con el personal involucrado (supervisores de área y operarios); así como organizar un plan de capacitación al personal.

5.7.1. Establecimiento de los planes de acción

5.7.1.1. Control de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno

Como se explicó en la etapa de análisis, el control de las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrogeno es realizado, de acuerdo con el procedimiento de trabajo establecido en el manual del sistema de gestión de calidad de la empresa, por los operarios del proceso de blanqueo. Sin embargo, durante el desarrollo de la prueba de hipótesis en la etapa de análisis se solicitó

que el control de estas concentraciones sea realizado por laboratoristas, obteniéndose resultados con menor variabilidad.

Por esta razón, es importante fortalecer el procedimiento de la medición de las concentraciones de estas dos variables con el personal operativo a cargo; ya que, puede inducir a errores y a un deficiente control del proceso de blanqueo. Cabe resaltar que estas dos variables no solo influyen sobre el grado de blanco de los lotes de tela, sino también sobre otros parámetros como hidrofiliadad, pick up y el % sólidos en la tela.

Por otro lado, en base a la herramienta AMEF desarrollada en la fase de medición se recomienda el control de estas dos variables por medio de gráficos de control, cuyos datos de las concentraciones deben de registrarse en los *check list* del proceso. Se estableció que este control debe ser realizado diariamente por los supervisores de turno de la sección húmeda a la que pertenece el proceso de blanqueo.

5.7.1.2. Reforzamiento de las instrucciones y procedimientos de trabajo

Con el objetivo de reducir la variabilidad del proceso de blanqueo, se propone reforzar con los operarios las instrucciones y procedimientos de trabajo existentes y planteados en el manual de procesos de la máquina blanqueadora; ya que, éstos han sido orientados para asegurar la eficacia del proceso y el cumplimiento de los objetivos.

Asimismo, este manual de procesos ha sido diseñado para comunicar la forma adecuada de realizar el proceso de acuerdo con los requerimientos y parámetros establecidos por el cliente y por la empresa, y para mantener el conocimiento o *Know How* de la empresa a lo largo del tiempo.

5.7.1.3. Plan de capacitación al personal

En la presente tesis se considera como factor importante al factor humano dentro de la propuesta de mejora de procesos para que ésta llegue a ser efectiva y, sobre todo, sea cumplida a lo largo del tiempo; ya que, de acuerdo con el punto 7.1.2 de la Norma Internacional ISO 9001:2015, la organización debe determinar y proporcionar las personas necesarias para la implementación eficaz de su sistema de gestión de la calidad y para la operación y gestión de sus procesos.

En este contexto, es importante que el personal responsable de los procesos se sienta identificado con éstos y con el rol que desempeña, sintiéndose parte de él y con el interés de desarrollarlo eficientemente. Para lograr estos objetivos, debe considerarse a la capacitación como un elemento fundamental; ya que, permitirá que el personal conozca el proceso, identifique las variables críticas y los parámetros a controlar, así como también las características del resultado final de éste.

En base a lo expuesto, se recomienda desarrollar un programa de capacitación que debe estar enfocado principalmente al personal responsable del proceso de blanqueo (operarios y supervisores), con el objetivo de afianzar los conocimientos de este proceso y de los procedimientos e instrucciones de trabajo de la máquina blanqueadora establecidos.

Así mismo, debe considerarse dentro de este programa de capacitación a la metodología Six Sigma como herramienta clave para la mejora continua de los procesos, así como conceptos de calidad y del sistema de gestión de calidad de la empresa, con el objetivo de involucrar al personal en el proceso de mejora continua y comprometerlos al cambio.

En el punto 7.2 de la Norma Internacional ISO 9001:2015, en la letra c) se menciona que la organización debe “cuando sea aplicable, tomar acciones para adquirir la competencia necesaria y evaluar la

eficacia de las acciones tomadas”. Asimismo, en la letra d) se indica que la organización debe “conservar la información documentada apropiada como evidencia de la competencia”. Por lo tanto, se recomienda que el plan de capacitación al personal sea documentado y evaluado para registrarlo como evidencia de acuerdo con lo establecido por la Norma Internacional ISO 9001:2015.

5.7.1.4. Propuestas adicionales

Adicionalmente a las propuestas de mejora planteadas, que son las principales, durante las reuniones sostenidas con el jefe de la tintorería y los supervisores y asistentes del área se identificaron otras propuestas de mejora, recomendaciones o controles relacionados con las variables del proceso de blanqueo. Estas propuestas adicionales fueron el resultado del análisis del diagrama de la máquina blanqueadora mostrado en la Figura N° 38, de las principales variables de entrada y salida del proceso de blanqueo y de los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del proyecto Six Sigma.

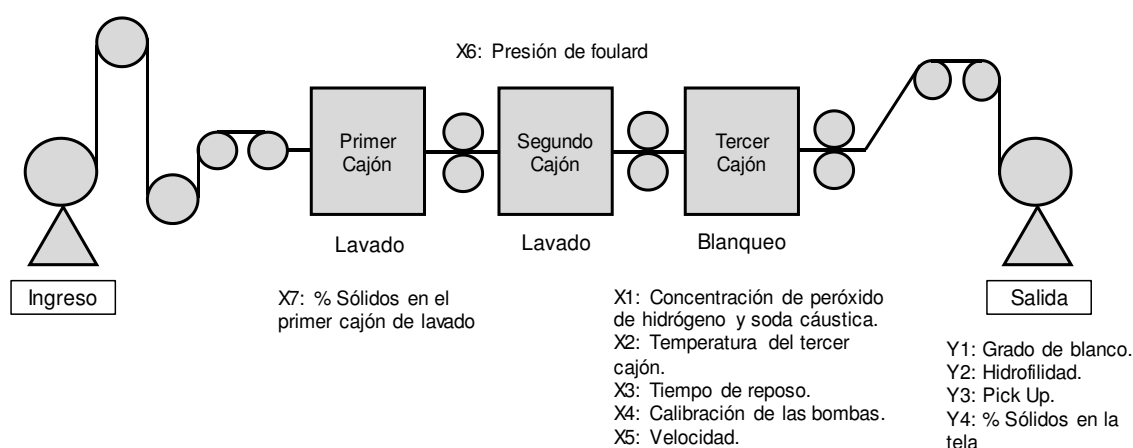


Figura N° 38: Diagrama de la máquina blanqueadora.

Fuente: La empresa en estudio.

En la Figura N° 38 se observan a las principales variables de entrada (X's) y variables de salida (Y's) enumeradas de acuerdo con el grado de importancia. Para las variables de entrada (X's) se plantearon algunas propuestas y/o recomendaciones para su control y optimización, las mismas que se muestran a continuación:

Variable X1: Concentración de peróxido de hidrógeno y soda cáustica

Esta variable guarda estrecha relación con la variable de salida grado de blanco (Y1) e Hidrofilidad (Y2), por lo tanto, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Cumplir con el tiempo de 30 minutos establecido en el manual de procesos de la máquina blanqueadora para la titulación de peróxido de hidrógeno y soda cáustica.
- Mantener el nivel del baño de homogenización.

Variable X2: Temperatura del tercer cajón

Esta variable guarda relación con la variable de salida grado de blanco (Y1), por lo tanto, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Establecer la medición de la temperatura del tercer cajón cada media hora.
- Para mantener la temperatura en el rango óptimo establecido, se debe mejorar el sistema de enfriamiento de la máquina de blanqueo.

Variable X3: Tiempo de reposo

Esta variable guarda relación con la variable de salida grado de blanco (Y1), por lo tanto, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Cambiar el tiempo de reposo establecido en el manual de proceso de la máquina blanqueadora de 4 horas a 12 horas.
- El cambio del tiempo de reposo debe hacerse efectivo también en las hojas de ruta de cada lote de tela para el correcto control y seguimiento.

Variable X4: Calibración de las bombas

Esta variable guarda relación con la variable de salida grado de blanco (Y1), por lo tanto, se propone que la calibración de las bombas debe realizarse una vez por semana como mínimo, para lo cual debe establecerse un día permanente para dicha calibración.

Variable X6: Presión del foulard

Esta variable guarda relación con la variable de salida Pick Up (Y3), por lo tanto, se propone que la diferenciación del porcentaje de Pick Up debe realizarse por el rendimiento de los artículos con una tolerancia del +/- 5.0%.

Variable X7: Porcentaje de sólidos en el primer cajón de la blanqueadora

Esta variable guarda relación con la variable de salida % sólidos en la tela (Y4), por lo tanto, se propone que debe garantizarse una mayor limpieza y eliminación de la goma durante el proceso de desengomado previo para que la tela llegue al proceso de blanqueo libre de residuos de goma. Para tal fin, se estableció un tiempo de 45 minutos para realizar la purga del baño, con ello se garantizará un completo desengomado de la tela antes de su ingreso a la máquina blanqueadora.

5.8. Desarrollo de la fase CONTROLAR

En esta última fase de la metodología DMAIC se verifican las mejoras planteadas por medio de mecanismos de control para asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos y que éstas sean perdurables en el tiempo.

A continuación, se propone la utilización de gráficas de control para las variables concentración de soda cáustica y peróxido de hidrógeno.

5.8.1. Gráficos de control después de la implementación de las mejoras propuestas

5.8.1.1. Gráfico de control de la concentración de soda cáustica

Después de implementadas las mejoras planteadas en la etapa mejorar, se realizó un muestreo de 30 lotes de producción para controlar la concentración de soda cáustica por medio de gráficas de control.

El objetivo es mantener la concentración de esta variable cerca de 32.0 g/L y dentro del rango establecido [30.0 g/L – 34.0 g/L].

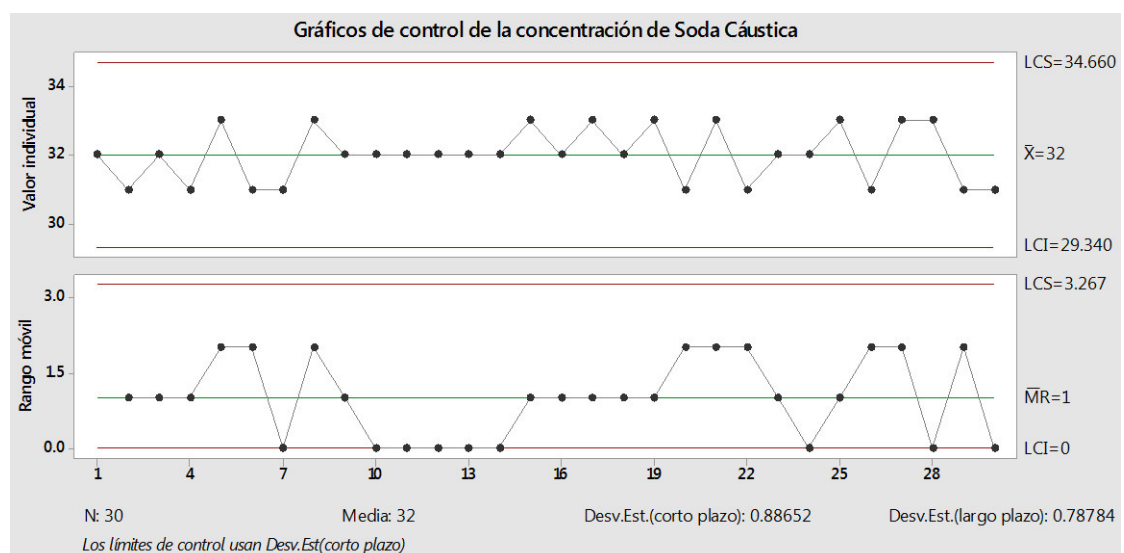


Figura N° 39: Gráficos de control de la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 39 se observa que la media de la concentración de soda caustica es de 32.0 g/L y que la desviación estándar es de 0.788 después de la implementación de las mejoras propuestas. Por lo tanto, la media del proceso es estable y no se reportan puntos fuera de los límites de control establecidos.

Adicionalmente, la desviación estándar después de la implementación de las mejoras es menor a la reportada antes de la implementación de mejoras (Desv. Est. = 0.944), lo que significa que después de la implementación de las mejoras se reporta menor variabilidad.

5.8.1.2. Gráfico de control de la concentración de peróxido de hidrógeno

Después de implementadas las mejoras planteadas en la etapa mejorar, se realizó un muestreo de 30 lotes de producción para controlar la concentración de peróxido de hidrógeno por medio de gráficas de control.

El objetivo es mantener la concentración de esta variable cerca de 73.0 mL/L y dentro del rango establecido [70.0 mL/L – 75.0 mL/L].

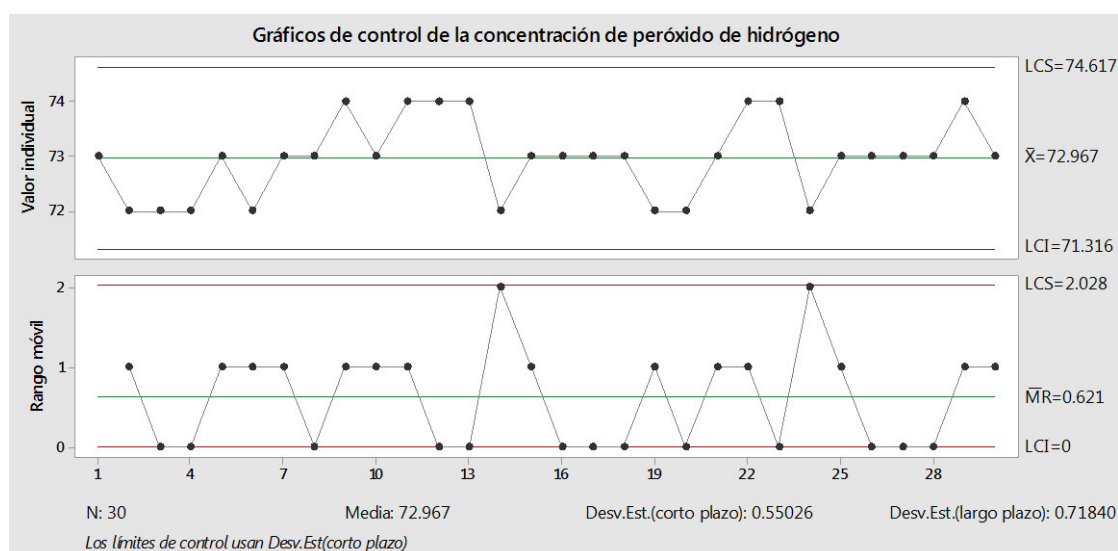


Figura N° 40: Gráficos de control de la concentración de peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 40 se observa que la media de la concentración de peróxido de hidrógeno es de 72.97 mL/L y que la desviación estándar es de 0.718 después de la implementación de las mejoras propuestas. Por lo tanto, la media del proceso es estable y no se reportan puntos fuera de los límites de control establecidos.

Adicionalmente, la desviación estándar después de la implementación de las mejoras es menor a la reportada antes de la implementación de mejoras (Desv. Est. = 1.106), lo que significa que después de la implementación de las mejoras se reporta menor variabilidad.

5.8.2. Capacidad de proceso después de la implementación de las mejoras propuestas

5.8.2.1. Capacidad de proceso de la concentración de soda cáustica

Al revisar la Figura N° 41 se observa un valor de Cp de 0.75, mejorando en un 13.64%, sin embargo, sigue siendo un proceso no capaz. Por otro lado, el valor de PPM es de 24 070.63, el cual ha reducido en un 30.53%.

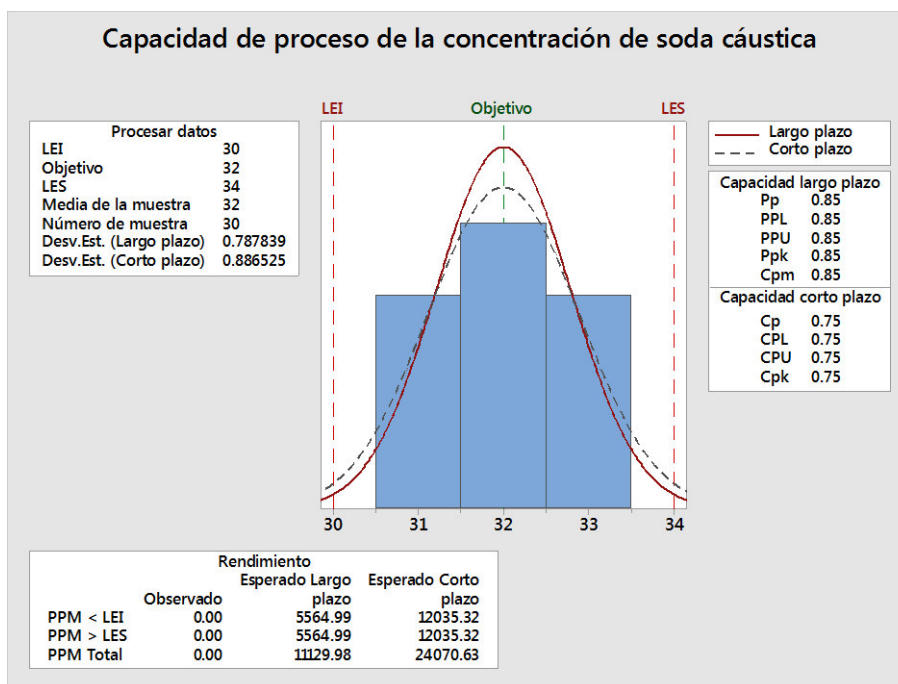


Figura N° 41: Capacidad de proceso de la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

5.8.2.2. Capacidad de proceso de la concentración de peróxido de hidrógeno

Al revisar la Figura N° 42 se observa un valor de Cp de 1.51, lo que indica que se ha convertido en un proceso capaz ($C_p > 1.33$). Por otro lado, el valor de PPM es de 109.87, el cual ha reducido en un 99.54%.

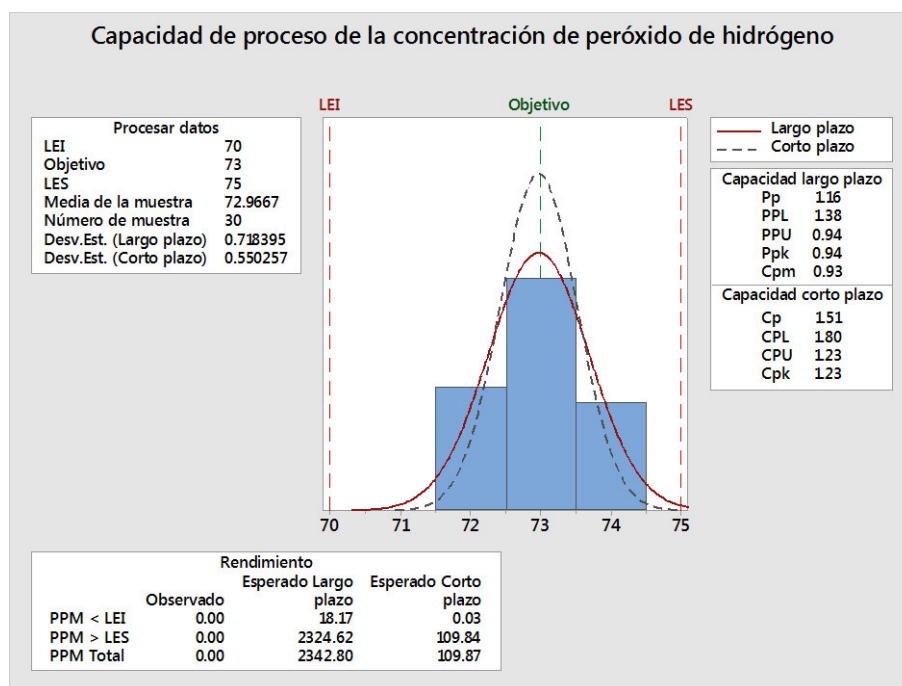


Figura N° 42: Capacidad de proceso de la concentración de peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

5.8.3. Nivel sigma después de la implementación de las mejoras propuestas

De la misma forma que en la fase medir, para el cálculo del nivel sigma después de la implementación de las mejoras, se calculó primero el % N.E. del periodo correspondiente. Para tal efecto, en la Tabla N° 21 se muestran los metros N.E. y los metros totales correspondientes a ese periodo.

	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	TOTAL
Metros No Exportables	22195.50	20618.49	18126.36	21973.75	14955.88	13035.84	110905.82
Metros Totales	450213.00	339678.62	324845.13	393090.36	302750.62	318724.65	2129302.38
% N.E.	4.93	6.07	5.58	5.59	4.94	4.09	5.21

Tabla N° 21: Porcentaje No Exportable después de la implementación de las mejoras propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N° 21 se tiene que el % N.E. después de la implementación de las mejoras propuestas fue de 5.21 %. Por lo tanto, se define lo siguiente:

- Nivel sigma a largo plazo = $Z_{5.21\%}$.
- Nivel sigma a corto plazo = $Z_{5.21\%} + 1.50$.

Con las definiciones establecidas se hizo uso de la aplicación Microsoft Excel y se calculó el nivel sigma a corto y a largo plazo de la producción de telas después de la implementación de las mejoras, obteniéndose los valores de 3.12 y 1.62 respectivamente (Tabla N° 22).

No exportable del primer semestre del 2016	5.21%
Nivel Sigma largo plazo	1.62
Nivel Sigma corto plazo	3.12

Tabla N° 22: Nivel sigma de la producción de telas después de la implementación de las mejoras – Primer semestre del año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Por el resultado obtenido, se concluye entonces que el nivel sigma a largo plazo ha mejorado de 1.51 a 1.62 después de la implementación de las mejoras; es decir, ha mejorado en un 7.28%.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 Presentación y discusión de resultados

Se utilizó la metodología Six Sigma como propuesta para mejorar los procesos de la producción de telas de la empresa en estudio, debido a que el principal indicador de gestión de calidad de la empresa, denominado % N.E., presentó un incremento durante el primer semestre del 2015, lo que indicó que la empresa estaba produciendo menos productos conformes y, por lo tanto, se generaban mermas, sobrecostos, reprocesos y retrasos.

Después de aprobada la propuesta, se desplegó el proyecto Six Sigma desarrollando cada etapa de la metodología de cinco fases DMAMC sobre la que se basa (Tabla N° 23). En los siguientes acápites se mostrarán los resultados obtenidos al cierre del proyecto.

Plan del proyecto Six Sigma	Fase Definir: Agosto 2015
	Fase Medir: Septiembre 2015
	Fase Analizar: Octubre - Diciembre 2015
	Fase Mejorar: Enero - Abril 2016
	Fase Controlar: Mayo 2016
	Cierre del proyecto: Junio 2016

Tabla N° 23: Planificación del proyecto Six Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.1 Evaluación de los resultados obtenidos después de la implementación de las propuestas de mejora

En la etapa de medición de la metodología Six Sigma, se definió que el defecto fuera de tono era el que afectaba más la calidad de los metros de tela producidos por la empresa en estudio y, por ende, afectaba al indicador % N.E.

En la etapa de análisis, por otro lado, se determinó que este defecto de calidad se generaba por la variabilidad en el grado de blanco de los lotes de tela y que

esta variabilidad estaba influenciada por las variables concentración de soda cáustica y concentración de peróxido de hidrógeno durante el proceso de blanqueo.

En base a estos resultados se implementaron, entonces, propuestas de mejora enfocadas principalmente al control de las concentraciones de estas dos variables de proceso para reducir la variabilidad en el grado de blanco de los lotes de producción y lograr, de esta forma, una reducción en los metros de tela afectados por el defecto fuera de tono.

En la tabla N° 24 se muestran a manera de resumen los resultados obtenidos antes y después de implementadas las propuestas de mejora para el control de la concentración de soda cáustica.

Concentración de soda cáustica	Antes de la implementación de las propuestas de mejora	Después de la implementación de las propuestas de mejora
Media	31.93 g/L	32.00 g/L
Desviación Estándar	0.944	0.788
Cp	0.66	0.75
PPM	34 650.24	24 070.63

Tabla N° 24: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las propuestas de mejora para la concentración de soda cáustica.

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados de la tabla N° 24, se obtiene lo siguiente:

- Una media más centrada en el objetivo de 32.00 g/L y dentro del rango establecido de 30.00 g/L hasta 34 g/L.
- La desviación estándar después de la implementación de las propuestas de mejora es menor, por lo tanto, hay menor variabilidad.
- La capacidad de proceso ha mejorado después de la implementación de las propuestas de mejora en un 13.64%, sin embargo, aún sigue siendo un proceso no capaz.
- El valor del PPM presenta una reducción después de la implementación de las propuestas de mejora en un 30.53%, lo que indica que habrá menos

incidencias de concentraciones de esta variable fuera de los límites de especificación establecidos.

De la misma forma, en la tabla N° 25 se muestran a manera de resumen los resultados obtenidos antes y después de implementadas las propuestas de mejora para el control de la concentración de peróxido de hidrógeno.

Concentración de peróxido de hidrógeno	Antes de la implementación de las propuestas de mejora	Después de la implementación de las propuestas de mejora
Media	72.50 mL/L	72.97 mL/L
Desviación Estándar	1.106	0.718
Cp	0.76	1.51
PPM	23106.65	109.87

Tabla N° 25: Cuadro comparativo de los resultados antes y después de la implementación de las propuestas de mejora para la concentración de peróxido de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados de la tabla N° 25, se obtiene lo siguiente:

- Una media más centrada en el objetivo de 73.00 mL/L y dentro del rango establecido de 70.00 mL/L hasta 75 mL/L.
- La desviación estándar después de la implementación de las propuestas de mejora es menor, por lo tanto, hay menor variabilidad.
- La capacidad de proceso ha mejorado después de la implementación de las propuestas de mejora; ya que, el resultado obtenido indica que el proceso es capaz.
- El valor del PPM se reduce en un 99.54% después de la implementación de las propuestas de mejora.

Estos resultados positivos impactaron en el grado de blancura de los lotes de tela procesados después de la implementación de las propuestas de mejora, lo que generó, que se reduzca la variabilidad, con solo un evento fuera de los límites de control (Figura N° 43).

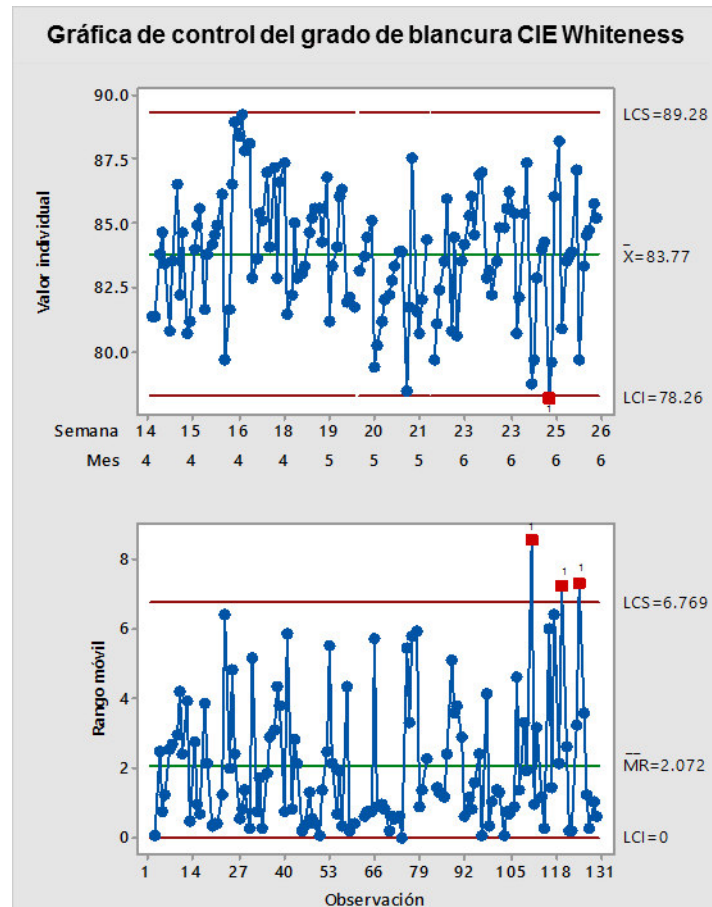


Figura N° 43: Gráfica de control del grado de blanco después de la implementación de las propuestas de mejora.

Fuente: La empresa en estudio.

Asimismo, después de la implementación de las propuestas de mejora se logró mejorar el nivel sigma en un 7.28% como se muestra en la Tabla N° 26.

	Antes de la implementación de las propuestas de mejora	Después de la implementación de las propuestas de mejora
Nivel Sigma largo plazo	1.51	1.62
Nivel Sigma corto plazo	3.01	3.12

Tabla N° 26: Cuadro comparativo del nivel sigma antes y después de la implementación de las propuestas de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Evaluación del impacto en los indicadores de la empresa después de la utilización de la metodología Six Sigma

6.1.2.1 Indicador de tela fuera de tono

Con la reducción de la variabilidad en el grado de blancura de los lotes de tela y la implementación de las propuestas de mejora expuestas, se logró reducir gradualmente el indicador de tela fuera de tono.

Como se observa en la Figura N° 44, a partir del despliegue de la metodología Six Sigma en el mes de agosto del 2015 se evidencia una reducción de este indicador, desde 0.95% hasta 0.40%. Esto indica que la empresa en estudio, después de la utilización de la metodología Six Sigma, ha reducido la cantidad de metros de tela afectados por el defecto fuera de tono.

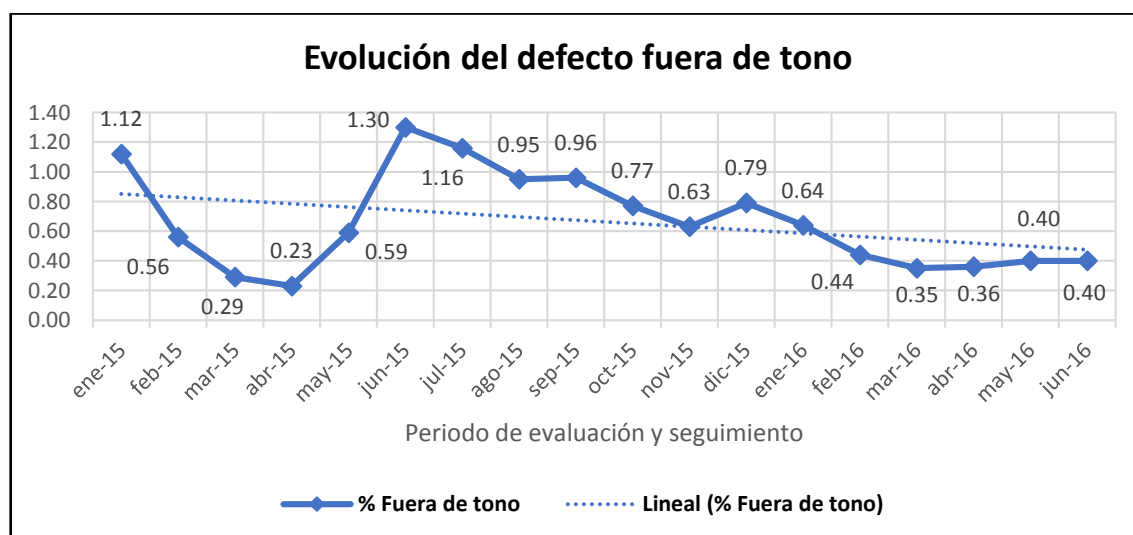


Figura N° 44: Evolución del indicador de tela fuera de tono.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2.2 Indicador de tela de segunda calidad

El porcentaje de tela de segunda calidad indica la cantidad de metros de tela que presentan defectos de calidad y que, por lo tanto, no es calificada como tela de primera calidad.

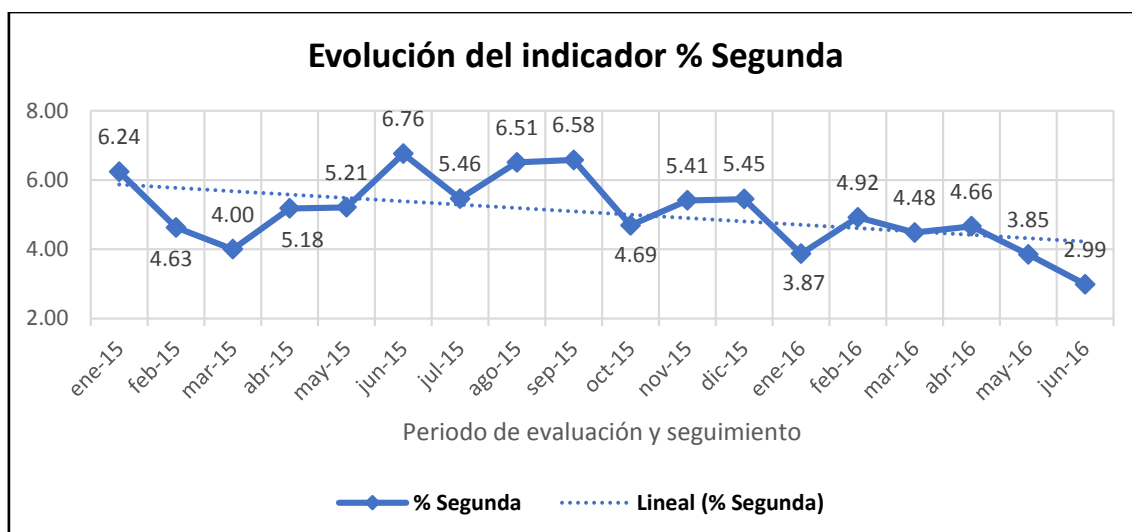


Figura N° 45: Evolución del indicador porcentaje de segunda calidad.

Fuente: Elaboración propia.

Este indicador cuantifica los metros de tela afectados por cualquier defecto de calidad generado por cualquiera de las áreas productivas de la empresa, por lo tanto, agrupa también a la tela declarada como segunda calidad por el defecto fuera de tono.

Como se observa en la Figura N° 45, a partir del despliegue de la metodología Six Sigma en el mes de agosto del 2015 se evidencia una reducción de este indicador, desde 6.51% hasta 2.99%, que está influenciada por la reducción del principal indicador de segunda calidad: el defecto fuera de tono.

6.1.2.3 Indicador de tela no exportable

El indicador de gestión de calidad denominado % No Exportable mide la cantidad de tela que es calificada como no exportable, lo que indica que no podrá ser entregada al cliente por presentar defectos de calidad o por no cumplir con los requerimientos y parámetros establecidos por los clientes y la empresa.

Como ya se explicó en capítulos anteriores, este indicador tiene como elemento principal al indicador de tela de segunda calidad, por consiguiente, no es ajeno a éste y a su evolución. Por lo tanto, los resultados obtenidos en

este indicador y que se mostraron en el acápite anterior impactaron positivamente en el indicador % N.E.

En este contexto, como se observa en la Figura N° 46, a partir del despliegue de la metodología Six Sigma en el mes de agosto del 2015 se evidencia también una reducción de este indicador, que se ve reflejada al cierre del proyecto en un 51.88%. Asimismo, esta reducción comienza a hacerse más sostenida a partir del inicio de la etapa de mejora, en el mes de enero del 2016.

Por lo tanto, la implementación y control de las propuestas de mejora durante el despliegue de la metodología Six Sigma generó un impacto positivo, claramente visible en los porcentajes de tela calificada como no exportable.

Adicionalmente, al final del proyecto el indicador % N.E. logró alcanzar de forma cercana el objetivo de calidad establecido por la alta dirección de la empresa del 4.00%.

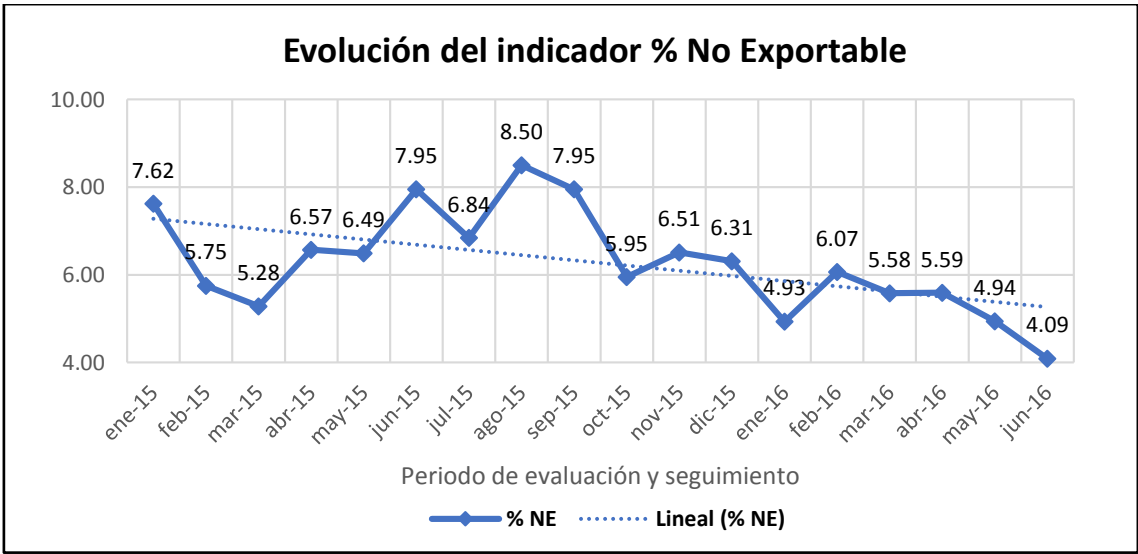


Figura N° 46: Evolución del indicador porcentaje No Exportable

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Luego de la utilización de la metodología Six Sigma para establecer el diagnóstico de la situación inicial y proponer mejoras para el proceso de producción de telas de la empresa en estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La metodología Six Sigma es ante todo una estrategia de mejora continua con un enfoque gerencial, por lo tanto, para que ésta sea exitosa debe ser entendida y apoyada desde los niveles más altos de la organización; ya que, incluye por su naturaleza un cambio cultural en la forma en que la organización piensa sobre sí misma y su entorno; y debe ser transferida con liderazgo y compromiso hacia todos los trabajadores; ya que, éstos aportan un conocimiento propio e interno que permite establecer el diagnóstico correcto de la organización y el planteamiento de propuestas de mejora más efectivas y de mayor impacto.
- El éxito de la utilización de la metodología six sigma dependerá también de la responsabilidad con la que se desarrolle cada una de las fases de esta metodología, ya que, éstas establecen los lineamientos y los alcances para el despliegue de un proyecto six sigma.
- La etapa definir sirve como línea base para el despliegue de la metodología Six Sigma; ya que, en ella se logró identificar que el problema principal del proceso de producción de telas era el incremento en el indicador %N.E., influenciado principalmente por el indicador de tela de segunda calidad. Además, se definieron el objetivo, el alcance, el equipo de trabajo, las métricas y la duración del proyecto Six Sigma en el Marco del proyecto o *Project Charter*, asimismo se logró identificar a las principales variables de entrada y salida del proceso global a través del diagrama SIPOC y el mapa de proceso.

- En la etapa medir es muy importante la utilización de herramientas estadísticas y de calidad que permitan facilitar el tratamiento adecuado de los datos. En este contexto, en esta etapa se logró identificar que el principal defecto que afectó la calidad del producto y, por lo tanto, afectó el indicador de tela de segunda calidad era el fuera de tono. Asimismo, mediante el análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) se determinó que este defecto era ocasionado principalmente por la variación en las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno; ya que, éstas variables presentaron los mayores índices de prioridad de riesgo. Finalmente, luego de la utilización de la prueba de R & R se determinó que el sistema de medición de ambas variables no era aceptable y que para ambas variables el proceso no era capaz; ya que, los índices de capacidad obtenidos fueron menores a uno.
- La etapa de análisis tiene como objetivo principal el identificar las causas raíz de los problemas, así como los factores que las originan. Por lo tanto, en esta etapa se logró determinar que las principales causas del defecto fuera de tono eran la variación en las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrógeno, que ocasionaron variabilidad en el grado de blancura de los lotes de tela, y el incumplimiento de los procedimientos e instrucciones de trabajo existentes por falta de capacitación. Finalmente, se identificó una propuesta de mejora por medio de un mayor control de las concentraciones de las dos variables críticas, concluyéndose al final de una prueba inicial, que la variabilidad de los valores de grado de blancura registró una mejoría y que este resultado permitiría reducir el impacto del defecto fuera de tono.
- En la etapa de mejora es importante que la organización reconozca que existe un problema para que se puedan enfocar eficientemente los esfuerzos hacia el logro de los objetivos propuestos y para que las propuestas de mejora planteadas sean perdurables en el tiempo.
- La etapa de control permite verificar las propuestas de mejora planteadas y asegurar que sean perdurables en el tiempo. En esta etapa se verificó

que la variabilidad en las concentraciones de soda cáustica y peróxido de hidrogeno disminuyó y que los valores de Cp y PPM mejoraron después de implementadas las propuestas de mejora.

- El despliegue de la metodología Six Sigma al cierre del proyecto logró mejorar los procesos, lo cual se demuestra en la reducción de los indicadores de gestión de calidad correspondientes a tela fuera de tono, tela de segunda calidad y tela no exportable. Asimismo, se logró una mejora del 7.28% en el nivel sigma del proceso, lo que generó ahorros significativos al cierre del proyecto, que por confidencialidad no se pueden develar, pero que se mantienen hasta la actualidad.

7.2 Recomendaciones

- Establecer un plan de comunicación dentro de la organización que permita explicar la metodología Six Sigma, el proyecto de mejora, sus beneficios y los objetivos definidos para que el personal se sienta involucrado y participe en la mejora continua de los procesos.
- Analizar las otras causas identificadas en el Diagrama de Ishikawa y en el análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF), y que afectan a la política de calidad y a los objetivos estratégicos declarados por la empresa; ya que, en este proyecto solo se han analizado a las principales.
- En base a lo establecido en la Norma Internacional ISO 9001:2015, se recomienda que el plan de capacitación al personal planteado como una de las propuestas de mejora sea registrado y evaluado para que pueda ser considerado como evidencia dentro del sistema de gestión de calidad de la empresa, asimismo, sea actualizado de acuerdo con las necesidades que demanden los procesos.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda extender la utilización de la metodología Six Sigma a las otras áreas de producción; ya que, también generan defectos de calidad que impactan en el porcentaje de tela calificada como no exportable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barahona L. y Navarro J. (2013). Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Behar D. (2008) Metodología de la Investigación. Editorial Shalom, Argentina.
- Bonilla E., Diaz B., Kleeverg F. y Noriega M. (2010). Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas, primera edición. Fondo editorial de la Universidad de Lima, Perú.
- Chase R., Jacobs F. y Aquilano N. (2009). Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros, duodécima edición. Editorial Mc Graw-Hill, México.
- Collier D. y Evans J. (2016). Administración de operaciones, Quinta edición. Editorial Cengage Learning Editores, México.
- Delgado M. (2015). Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología Six Sigma en una planta de productos plásticos. Tesis para obtener el grado de Magister en Ingeniería Industrial con mención en Gestión de Operaciones, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Estrada J. (2015). Diseño de investigación de implementación de la metodología Design For Six Sigma (DFSS), en la formulación del proceso abrasivo enzimático requerido en el lavado industrial de denim. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Químico, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Gutiérrez H. y De la Vara R. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, Tercera edición. Editorial Mc Graw-Hill, México.
- Harry M., Mann P., De Hodgins O., Hulbert R. y Lacke C. (2010). Prectitioner's guide for statics and lean six sigma for process improvements. Editorial Limusa Wiley, EE. UU.

- Hayman, J. (1969). Investigación y solución, traducción de Eduardo Prieto. Editorial Paidós, Argentina.
- Hernández R., Zapata N. y Mendoza C. (2013). Metodología de la investigación para bachillerato, enfoque por competencias. Editorial Mc Graw-Hill, México.
- Heizer J. y Render B. (2009). Principios de administración de operaciones, séptima edición. Editorial Pearson Educación, México.
- Juran J. y Gryna F. (1995). Análisis y planeación de la calidad. Editorial Mc Graw-Hill, México.
- Krajewski L., Ritzman L. y Malhotra M. (2008). Administración de operaciones: procesos y cadena de valor, octava edición. Editorial Pearson Educación, México.
- Montgomery, Douglas. (2006). Control Estadístico de la Calidad, tercera edición. Editorial Limusa Wiley, México.
- More S. y Pawar M. (2013). Performance improvement of textile sector by implementing quality Six Sigma. International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAIEEM), 2 (12), 352 – 357.
- Ordoñez W. y Torres J. (2014). Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pascual E. (2009). Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión Offset empleando Six Sigma. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pyzdek, T. (2003). The six-sigma handbook: revised and expanded. Editorial Mc Graw-Hill, EE. UU.
- Tennant G. (2001). Six Sixma: Control estadístico del proceso y administración total de la calidad en manufactura y servicios. Editorial Panorama, México.

- Valdivia C. (2013). Diagnóstico y propuestas de mejora de procesos empleando la metodología Six Sigma para una fábrica de mantenimiento y reposición de mobiliario para supermercados y tiendas comerciales. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Tolga M. (2012). A feasibility study for six sigma implementations in Turkish textiles small and medium sized enterprises. Üsküdar University of Turkey, Estambul.
- Walpole R., Myers R., Myers S. y Ye K (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, novena edición. Editorial Pearson Education, México.

ANEXO Nº 1: ACTORES Y ROLES EN SEIS SIGMA

Nombre	Rol	Características	Capacitación a recibir	Acreditación
Líder de implementación	Dirección del comité directivo para 6σ. Suele tener una jerarquía sólo por abajo del máximo líder ejecutivo de la organización.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad, es muy respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico (pensamiento estadístico); entendimiento del programa 6σ y de su metodología (DMAMC).	
<i>Champions</i> y/o patrocinadores	Gerentes de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas; establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de 6σ en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico, y un buen entendimiento del programa Seis Sigma, así como de su metodología de desarrollo de proyecto (DMAMC).	Aprobar examen teórico-práctico acerca de las generalidades de 6σ y el proceso DMAMC.
<i>Master black belt</i> (MBB)	Dedicados 100% a 6σ, brindan asesoría y tienen la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirigen o asesoran proyectos clave. Son mentores de los BB.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.	Requieren amplia formación en estadística y en los métodos de 6σ (de preferencia Maestría en estadística o calidad), y recibir el entrenamiento BB.	Haber dirigido cuando menos un proyecto exitoso y asesorado 20 proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB y aspectos críticos de 6σ.
<i>Black belt</i> (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a Seis Sigma, realizan y asesoran proyectos.	Capacidad de comunicación. Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos. Gente con futuro en la empresa.	Recibir el entrenamiento BB con una base estadística sólida.	Haber dirigido dos proyectos exitosos y asesorado cuatro. Aprobar examen teórico-práctico acerca del currículo BB y aspectos críticos de 6σ.
<i>Green belt</i>	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio; atacan problemas de sus áreas y están dedicados de tiempo parcial a 6σ. Participan y lideran equipos Seis Sigma.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento.	Recibir el entrenamiento BB.	Haber sido el líder de dos proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB.
<i>Yellow belt</i>	Personal de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio.	Cultura básica de calidad y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAMC y en solución de problemas.	Haber participado en un proyecto. Aprobar examen teórico-práctico acerca del entrenamiento básico que recibe.

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (Gutiérrez, 2013, p.401).

ANEXO Nº 2: CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS DE CALIDAD POR ÁREA

TE	ÁREA DE TEJEDURIA
01	CAMARONES
02	CLAROS
03	COSTURA
04	MARCA ARRANQUE
05	PEINE ABIERTO/MARCA DE PEINE
06	MARCA TEMPLAZO
07	TRAMA DOBLE
08	TRAMA METIDA
09	TRAMA MEZCLADA
10	TRAMA PERDIDA
11	TRAMA ROTA
12	TRAMA SALTADA
13	GOTAS DE ACEITE
14	MANCHAS DE GRASA
15	MANCHAS DE OXIDO
16	MOTAS DE ACEITE
17	MOTAS DE GRASA
18	RAYAS VERTICALES ACEITE
19	BAJO GOMA (PELOTTAS)
20	TORTA DE GOMA
21	REMETIDO DEFECTUOSO
22	DISPAREJO DE TEJIDO
23	FALLA DE DIBUJO
24	MAL PASE DE PEINE
25	ORILLO DEFECTUOSO
26	TUPIDOS
27	HUECOS TEJEDURIA
28	URDIMBRE ROTA
29	FIN DE PIEZA
30	PICADURA DE TEMPLAZO
31	TRAMA SUCIA
32	OTROS
33	TRAMA ACUMULADA
34	TRAMA REFUERZO
35	TRAMA FLOJA
36	TRAMA RECOGIDA
37	CORRIDOS
38	MARCA DE SOPLETEO/FIBRAS EXTRAÑAS
39	URDIMBRE /TRAMA REVENTADA
90	RAYAS VERTICALES POR TEJIDO
95	CAMBIO DE TRAMA
99	MOTAS

HI	ÁREA DE HILANDERIA
40	HILO CON PILOSIDAD
41	CONTAMINACION DE POLIPROPILENO
42	FIBRAS AJENAS
43	HILO IRREGULAR
44	HILO FINO / DIFERENCIA DE TORSIÓN
45	HILO DOBLE
46	HILO GRUESO
47	NUDOS
48	OTROS
49	LYCRA EXPUESTA / REVENTADA
50	TRAMA IRREGULAR

EST	ÁREA DE ESTAMPADO
51	DIBUJO MOVIDO
52	DIBUJO TORCIDO
53	FALTA DE DIBUJO
54	FONDO SIN ESTAMPADO
55	MANCHAS DE COLORANTE
56	OTROS
57	QUEBRADURAS SIN ESTAMPAR
58	COSTURA
98	FUERA DE TONO

TI	ÁREA DE TINTORERIA
60	INICIO Y FIN DE PROCESO
61	PARADAS DE MAQUINA
62	TELA RASGADA / PERCHADO
63	BARRADO POR HILO COLOR
64	SANGRADO POR HILO COLOR
65	MANCHA DE GRASA TELA ACABADA
66	PUNTOS NEGROS TELA ACABADA
67	COSTURA-TIN
70	PUNTOS HOLLIN
71	AUREOLA DE AGUA
72	AUREOLA DE ACEITE
73	MANCHAS BLANCAS
74	MANCHAS DE APRESTO
75	MANCHAS DE COLORANTE
76	MANCHAS DE MANIPULEO
77	ARRUGAS SANFORIZADO
78	MANCHAS DE OPTICO
79	MARCA DE QUEBRADURA
80	QUEBRADURA DE SANFORIZADO
81	TRAMA TORCIDA
82	ORILLO ROTO AGUJAS
83	HUECOS TINTORERIA
84	MAQUINA SUCIA
85	CAMBIO DE TONO
86	FONDO SIN TEÑIR
87	REPLIQUE DE COSTURA
88	VARIACION DE ANCHO
89	OTROS
91	RAYAS VERICALES TEÑIDO
92	MEDIA LUNA
93	MARCAS DE AGUJA
94	MANCHAS DE SANFORIZADO
96	PUNTOS DE OXIDO
97	TELA SIN LUJAR

Fuente: La empresa en estudio.